Die Quellen der Schmücke, Hohen Schrecke und Finne

(Eine hydro-geologische Studie)

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

Genehmigt

von der Philosophischen Fakultät

der

Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin.

AGAD. BIBLIOTEKA BERLIN

Von

OTTO SEIDEL

aus Neukölln.

Tag der Promotion: 20. Mai 1914

914

Referenten:
Professor Dr. Branca.
Professor Dr. Hellmann.

VERLAG H. LONYS
BERLIN W. 57, BÜLOWSTRASSE 84

Meiner lieben Frau.

Einleitung.

Die beckenförmige Landschaft zwischen dem Harz im Norden und dem Thüringer Wald im Süden ist von einer Reihe von Höhenzügen erfüllt, deren östliche Gruppe die Schmücke, Hohe Schrecke und Finne bildet. Diese drei stellen ein einheitliches Hügelsystem dar, das im Südosten den Namen Finne trägt, während der südliche der beiden Vorsprünge, die sich von der Hauptmasse der Finne nordwestwärts erstrecken und durch das weite Erosionstal des Helderbaches voneinander getrennt sind, als Schmücke und der nördliche als Hohe Schrecke bezeichnet werden.

In ihrer Gesamtheit sind sie im Nordwesten, Norden und Nordosten von der Unstrut bis zu deren Einmündung in die Saale unweit Naumburg umflossen. Den Fuß des steilen Südostabfalls umspült die Saale von der Ilm bis zur Unstrutmündung, und der sanftere Südwestabhang kennzeichnet sich deutlich als eine fast gerade Linie, die über die Siedlungen Sulza, Eckartsberga, Rastenberg, Burgwenden und Gorsleben verläuft. Die mittlere Länge des so umgrenzten Gebietes beträgt ca. 38 km.

Die Abgrenzung der drei Höhenzüge unter einander ist strittig. Ein Teil der heutigen Geographen rechnet die Schmücke bis zum Paß von Burgwenden, ein anderer Teil bis zu den Quellen des Helderbaches und schließlich die dritten — und das ist heutzutage die vorherrschende Ansicht — bis zum Lossadurchbruch bei Rastenberg. Noch schwankender sind die Angaben über den Namen und die Ausdehnung der Hohen Schrecke, die sich vom Dorfe Bretleben aus in Form eines breiten Kammes südostwärts aufwölbt. Für die Zwecke der nachstehenden Untersuchungen ist eine Auseinandersetzung über die

Berechtigungen der verschiedenen Abgrenzungen jedes der drei Höhenzüge durch die Geographen bedeutungslos. Wir legen die von Prof. Dr. Kirchhoff im Literaturbericht zu den Geographischen Mitteilungen 1897 Seite 160 vorgeschlagene Gliederung zugrunde. Dort heißt es: „Es wäre wohl am besten, man dehnte den Namen der Finne auf den gesamten Höhenzug aus vom Unstrutufer zwischen Oldisleben und Bretleben bis zur Saale zwischen Großheringen und der Unstrutmündung; Schrecke und Schmücke bilden dann einfach die vom Tale des Helderbaches geschiedenen zwei Vorspünge der Finne."

Vorstehendes Gebiet ist dargestellt auf den Meßtischblättern Ober-Heldrungen, Artern, Buttstädt, Wiehe, Nebra, Eckartsberga, Naumburg und Freiburg.

Nicht alle Quellen sind auf den Meßtischblättern zu finden; das gilt namentlich von solchen, die innerhalb der Siedlungen zutage treten. (Siehe zwei Quellen im Dorfe Allerstedt). Andererseits sind häufig Wasserläufe eingezeichnet, deren Ursprung auf verschiedene benachbarte Täler verteilt ist, die aber Quellen im strengen Sinne des Wortes nicht sind, weil sie nur zur Zeit der Schneeschmelze oder infolge starker, andauernder Niederschläge Wasser führen. (Siehe Wasserläufe bei Marienthal.) Damit erscheint zunächst die Notwendigkeit gegeben, das Wesen der Quelle überhaupt zu definieren. Keilhack gibt folgende Erklärung des Begriffs: Quelle. „Jeden Austritt des Grundwassers in flüssiger Form an der Erdoberfläche bezeichnen wir als Quelle" [1]). Stremme definiert das Wesen der Quelle mit den Worten: „Quellen werden die Ausbisse bewegter Flüssigkeit an der Erdoberfläche bezeichnet. Drei Arten bewegter Flüssigkeit sind in der Erdkruste hauptsächlich vorhanden: Magma, Erdöle und Wasser. Als Quellen im engeren Sinne sind die Wasserquellen zu betrachten"[2]). Hippolit J. Haas bringt in seiner „Quellenkunde" — 1897 — überhaupt

1) Keilhack, Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde, S. 70.

2) Handbuch der Naturwissenschaften, Bd. VIII, Artikel über „Quellen".

keine Definition für „Quelle". Das wesentliche Merkmal des Begriffes Quelle ist demnach das, daß das Wasser in natürlicher Weise zutage treten muß, im Gegensatz zu den Brunnen und Bohrlöchern, die von unter der Erdoberfläche fließendem Wasser gespeist werden. Mit Ausnahme einiger Brunnen und Bohrlöcher sind nur solche Quellen untersucht worden, die dieses Hauptkennzeichen tragen.

Um einen tieferen Einblick in die Beschaffenheit und die besonderen Eigenschaften der einzelnen Quelle zu erlangen, und um auf diese Weise möglichst einwandfreies Material zur Grundlage zu haben, wurde jede einzelne Quelle mindestens zweimal untersucht, und zwar fand die erstmalige Untersuchung von Ende März bis Anfang Juni statt, eine Zeit, in welche in unserem Klima das Maximum der Wasserführung der Quellen fällt. Die zweiten Messungen folgten im Juli und August, Monaten, in denen in Mitteldeutschland die Ergiebigkeit dem Minimum des Spätsommers und Frühherbstes zustrebt. Für beide Messungen konnte in fast allen Fällen eine zeitliche Differenz von acht und mehr Wochen eingehalten werden.

Zum Verständnis des Vorganges der Quellenbildung ist es bekanntlich unbedingt erforderlich, den geologischen Bau der engeren und weiteren Umgebung des Teils der Erdkruste, dem die Quelle entspringt, näher zu studieren. Art und Verlauf der Schichten charakterisieren den unterirdischen Weg der Wässer und geben Fingerzeige darüber, welche besondere Art von Quelle, ob Schicht-, Kluft-, Ueberfall- etc. -Quelle jedes Mal vorliegt. Läge nun die Geologie des Untersuchungsgebietes in allen Teilen völlig klar vor uns, so wären ohne Schwierigkeiten die Gesetze, nach denen die Wasserbewegung innerhalb der festen Erdrinde vor sich geht, abzuleiten. Mit ziemlicher Sicherheit würden sich nicht nur die Stellen, wo Quellen zutage treten müssen, sondern auch Ergiebigkeit, Temperatur und Beschaffenheit des Quellwassers im Voraus kennzeichnen lassen. Die mit dieser Methode beim Aufsuchen von Wasseradern für Wasserleitungen und Wasseranlagen erzielten Erfolge beweisen aber, wie häufig gerade der oberflächliche Schichtenverlauf die

Ursache von bitter enttäuschenden Trugschlüssen gewesen ist. Bei der meist vorliegenden Kompliziertheit der geologischen Verhältnisse darf man sich daher nicht auf ihr Studium allein beschränken, sondern wird wichtige Aufschlüsse über den inneren Bau des Quellgebietes auch durch Erforschung der chemischen und physikalischen Eigenschaften des Quellwassers erhalten. Das Wasser belädt sich auf seiner unterirdischen Wanderung mit den verschiedensten Stoffen, so daß seine Untersuchung beim Quellaustritt begründete Schlüsse auf den Charakter der durchflossenen Schichten und Gesteinsmassen erlaubt. Calcium- und Magnesiumoxyd, die ihren Ausdruck in der Härte des Wassers finden, drängen sich dabei einmal ihres häufigen Auftretens und das andere Mal ihrer spezifischen Eigenschaften wegen stark in den Vordergrund. Härtebestimmungen gehören daher zu den unbedingt notwendigen Maßnahmen zur Gewinnung eines klaren Verständnisses über den Vorgang der Quellbildung. Eine viel weitgehendere Hilfe leisten genaue chemische Analysen der fraglichen Wässer, die freilich nur in selteneren Fällen vorliegen.

Seitdem erkannt wurde, daß die Quellwässer radioaktiv sein können, wurden als neues interessantes Kapitel dem Quellenstudium Untersuchungen über Radioaktivität der Quellwässer hinzugefügt. Auch dadurch kann man nicht selten besondere Wechselbeziehungen zwischen Gesteinscharakter und durchfließendem Wasser ableiten. Nach dieser Richtung hin ist bereits eine ausgedehnte Literatur entstanden, die zahlreiche Messungen der Radioaktivität, namentlich einzelner, balneologisch bedeutsamer Quellen wiedergibt und erörtert.

Als diejenigen physikalischen Eigenschaften des Quellwassers, die man schon früher in den Kreis der Beobachtungen gezogen hat, sind namentlich seine Temperatur und Ergiebigkeit hervorzuheben. Gerade wiederholte Messungen nach dieser Seite hin werden zu wichtigen Richtlinien zur Aufdeckung des Prozesses der Quellbildung und eröffnen besonders deutliche

Einblicke in die Zusammenhänge der geologischen und meteorologischen Faktoren. Wie naheliegend eine solche Betrachtungsweise ist, lehrt schon ein auch nur oberflächlicher Blick auf die jahreszeitlichen Schwankungen der Ergiebigkeit vieler Quellen, die eine nicht zu verkennende Abhängigkeit von dem Verlauf der Lufttemperatur und den Niederschlagsmengen dartun.

Wenn einerseits die Kenntnis der Geologie des Untersuchungsgebietes nicht ausreicht, um sämtliche Probleme, die das Quellenstudium stellt, zu lösen, so wird andererseits in den Untersuchungen, die sich auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Quellwassers erstrecken, eine nicht nur wertvolle, sondern auch unentbehrliche Ergänzung zu finden sein. Beide Methoden streben dem gemeinsamen Ziele zu und liefern jede innerhalb ihres Rahmens wertvolle Aufschlüsse, die der Aufklärung der Gesamtlage dienen.

Damit ist auch der Weg, den die nachfolgenden Untersuchungen einzuschlagen haben, klar vorgezeichnet. Der erste Teil der Arbeit wird sich mit dem geologischen Bau des Untersuchungsgebietes und den daraus sich ergebenden Folgerungen für die Quellbildung zu befassen haben. Im zweiten sind die chemischen Eigenschaften des Quellwassers, besonders seine Härte, zu erörtern; dem dritten Teil fällt die Behandlung der physikalischen Eigenschaften, nämlich der Radioaktivität, Temperatur und Ergiebigkeit und deren Beeinflussung durch die meteorischen Wässer zu, und in einem Schlußkapitel soll der Versuch unternommen werden, die Frage der Quelleinzugsbereiche einer praktischen Lösung zu unterwerfen.

1.

Die Geologie des Untersuchungsgebietes und Folgerungen daraus für die Quellbildungen[3]).

Die Schmücke, Hohe Schrecke und Finne sind Teile der Thüringer Triasmulde, die sich in ihrer Gesamtheit als Bindeglied zwischen Thüringer Wald und Harz darstellt. Schon der Name Triasmulde deutet an, daß dieser Landstrich der Hauptsache nach aus den Gliedern der Triasformation, dem Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper, zusammengefügt ist. Der triadische Charakter ist für Schmücke, Hohe Schrecke und Finne nicht rein gewahrt, weil für ihre Zusammensetzung nur die beiden unteren Abteilungen der Trias, Buntsandstein und Muschelkalk, von ausschlaggebender Bedeutung sind. Der sich südlich auflagernde Keuper gehört geographisch nicht mehr zu diesen drei Höhenzügen, da er in flacheren Formen verläuft und von den Muschelkalkgebilden der Schmücke und südlichen Finne um mehr als 100 m überragt wird. Von den geologisch jüngeren Ablagerungen haben die diluvialen und alluvialen nicht unwesentliche Erstreckung; sie schütten aber überall nur flache Auflagerungen mit horizontaler Schichtung auf und verursachen nur geringfügige Formenänderungen in der Oberflächengestalt der Gesamtheit des Gebietes. Auch bezüglich der Quellbildung im

3) Die Darstellung der rein geologischen Verhältnisse stützt sich im wesentlichen auf die „Geologische Spezialkarte" von Preußen, und zwar auf folgende Blätter: Naumburg a. S., Freiburg, Eckartsberga, Bibra, Wiehe, Buttstädt, Schillingstedt und Artern.

Bereiche der drei Höhenzüge ist diesen jüngsten Gliedern des Känozoikums keinerlei Einfluß zuzuschreiben. Nur im Vorgelände, das sich nach Nordwesten, Norden und Nordosten in engster Fühlung mit dem Unstrutlaufe hält und das fruchtbare Ried bildet, sind die Sedimente der Diluvial- und Alluvialzeit Träger des Grundwasserstromes, was für die dortigen ausnahmslos größeren ackerbautreibenden Siedlungen insofern eine wertvolle Begünstigung ist, als beim Graben von Brunnen nur wenige Meter Tiefe erforderlich sind, um auf auch für größere Einzelgehöfte ausreichende Wassermengen zu stoßen. So kommt es, daß dort jedes Haus einen Brunnen sein Eigen nennt.

Für die Entstehung der Quellen innerhalb der Schmücke, Hohen Schrecke und Finne kommen nur die Schichten der Buntstein- und Muschelkalkformation in Betracht, deren petrographische Zusammensetzung und Lagerung ich daher vorausschicke. Eingegliedert werden im engsten Anschluß an die geologischen Verhältnisse jeweilige Erörterungen, die sich mit der Entstehung und der Klassifikation der Quellen in den bezüglichen Formationen befassen.

Der Untere Buntsandstein.

Das tiefste Glied der Buntsandsteinformation, der Untere Buntsandstein, tritt in einer bald schmaleren, bald breiteren Zone zutage, die bei Klein-Wangen unweit Nebra einsetzt, nordostwärts über Bucha, Wiehe und Dondorf verläuft und sich in derselben Höhenlage und Richtung, den Sockel der Hohen Schrecke bildend, bis Reinsdorf fortsetzt. Bei Bretleben biegt sie nach Südosten um, Braunsroda einschließend und Hauteroda berührend, steigt fast bis zu den Quellen des Helderbaches hinauf und lenkt schließlich mit scharfem Knick wieder in die ursprüngliche Nordwestrichtung ein. In diesem letzten Teile nimmt sie die Gestalt eines schmalen Bandes an, das den Nordostabfall der Schmücke begleitet und an der Sachsenburger Pforte ausstreicht. Flache diluviale Ueberschüttungen erschweren hier die Aufdeckung des Verlaufes der Gebilde des Unteren Bunt-

sandsteins, jedoch läßt sich sein Vorhandensein überall mit ziemlicher Sicherheit nachweisen.

Der Untere Buntsandstein besteht aus tonigen, meist rotbraunen Sandsteinen, die von ähnlich gefärbten, seltener gräulichen und bläulichen Mergeln durchsetzt werden. Schwache Letten- und Tonlager durchdringen die gesamte Schichtenfolge in horizontaler Richtung, gewinnen je näher dem Zechstein an Mächtigkeit und verdichten sich schließlich zu den unteren Grenzletten. Der auffälligste Zug dieses Teiles der Trias sind die Rogensteinbänke, welche an keiner Stelle fehlen und fast durchweg in drei gesonderten Horizonten auftreten. Mit Ausnahme dieses Rogensteines entbehrt das gesamte Material infolge seiner sandigen und tonigen Beschaffenheit der Festigkeit. Nur die Rogensteine liefern einen brauchbaren Baustein und werden infolgedessen in zahlreichen Steinbrüchen abgebaut. Die Mächtigkeit der einzelnen Bänke ist stark wechselnd und schwankt zwischen 0,50 und 2,00 m.

Das Streichen der Trias ist, insbesondere in der westlichen Hälfte des Beobachtungsgebiets, im wesentlichen von N.W. nach S.O. gerichtet, das Fallen findet nach S. statt. Die Streichrichtung ist bestimmend für die Richtung der drei Höhenzüge, während das von der Hohen Schrecke nach der Schmücke zu immer steiler werdende Einfallen der Schichten darin seinen Ausdruck findet, daß im Nordosten das unterste Glied der Trias zutage tritt, auf das, je weiter nach Südwesten zu, immer jüngere Formationen in normaler Folge auflagern. Das Gebiet der Hohen Schrecke und Schmücke stellt sich daher als eine zwar räumlich engbegrenzte, aber scharf ausgeprägte Schichtenstufenlandschaft dar. Was hier ganz allgemein über die Lagerungsverhältnisse im westlichen Flügel des Untersuchungsgebietes ausgeführt wurde, gilt auch von den Schichten des Unteren Buntsandsteins. Auf der Hohen Schrecke und im nordwestlichen Teil der Finne fallen die Schichten nach Süden ein. Aber der Einfallswinkel ist durchweg sehr klein und geht besonders im letzteren Gebietsteil meist auf 0 Grad zurück, sodaß dann söhlige Lagerung vorhanden ist.

Quellbildung:

Für die Gestaltung der Quellverhältnisse im Unteren Buntsandstein sind hauptsächlich vier Punkte bestimmend: Nämlich die sandige, oft wenig feste Beschaffenheit seiner Gesteinsmassen, die horizontale oder nur leicht nach Süden geneigte Lagerung der Schichten, der Mangel durchgehender wasserundurchlässiger Horizonte in den mittleren und oberen Horizonten und das Auftreten der unteren Grenzletten als durchgreifender, wasserundurchlässiger Schicht. Die erste Eigenschaft begünstigt eine Wasserzirkulation im größeren Umfange und bedingt im Verein mit der zweiten und dritten ein Versickern der oberflächlich eindringenden Wässer bis fast an die Grenze des Zechsteins. Die vierte Eigenschaft hat zur Folge, daß in der untersten Partie des Unteren Buntsandsteins ein deutlich erkennbarer Quellhorizont ausgebildet ist. Zu ihm sind sämtliche Quellen entlang der Linie Bucha, Zeisdorf, Allerstedt, Wiehe, Hechendorf und Dondorf zu rechnen. Ein scharfes Charakteristikum ist bei der horizontalen Schichtenlagerung damit gegeben, daß alle hierher gehörigen Quellaustritte fast genau auf der 160 m-Isohypse liegen. Die mächtige Schichtenfolge des Unteren Buntsandsteins in Verbindung mit den auflagernden Gesteinsmassen des Mittleren ist daher einem großen Sammelbecken vergleichbar, dessen Boden die unteren Grenzletten bilden. Aus ihm treten Quellen von beträchtlicher Ergiebigkeit zutage. Das Dorf Allerstedt mit 5 Quellen, von denen zwei 7 und 7,5 l Wasser pro Sekunde liefern, verdankt seinen Wasserreichtum dem Unteren Buntsandstein. Zwei Quellen desselben Quellhorizonts bei Dondorf sind so stark, daß sie kaum hundert m unterhalb ihres Austritts eine Mühle zu treiben vermögen. Dasselbe gilt von den beiden Quellen am Südwestfuße der Hohen Schrecke, die zusammen mit den im Sommer nur geringfügigen Wassern des Helderbaches einen größeren Mühlenbetrieb in Lundershausen speisen.

Die Quellen des Unteren Buntsandsteins sind infolgedessen als echte Schichtquellen

anzusprechen. Die für diese Art von Quellen, wenn sie starken Schichtenfolgen ihr Wasser entnehmen, allgemein geltenden Kennzeichen der großen Gleichmäßigkeit mit Bezug auf Ergiebigkeit und Temperatur treffen auch hier zu. (Siehe Haupttabelle.)

Die Rogensteinbänke vermögen das Wasser auf seinem nach der Tiefe gerichteten Wege nicht aufzuhalten, da wohl ihre oolithische Struktur die Durchlässigkeit erleichtert, vor allem aber zusammenhängende Lager von weiter Erstreckung mangeln. An keiner Stelle des Untersuchungsgebietes finden sich Quellen, nicht einmal solche von geringem Wasserertrag, für die die Rogensteinbänke die Veranlassung zum Austritt sind.

Ein weiteres Merkmal für die verschiedenen Quellen des dortigen Unteren Buntsandsteins ist damit gegeben, daß sie nicht unmittelbar in dieser Formation, sondern in dem angelagerten Diluvium heraustreten. Während man beim Hainborn unweit Wiehe noch deutlich beobachten kann, daß das Wasser dem Unteren Buntsandstein entströmt, so sind 2 Quellaustritte bei Allerstedt oder die bereits erwähnten bei Dondorf durch Schutt einige Meter talwärts verlegt, sodaß sie dem Diluvium zu entfließen scheinen. Aber die nur in geringer Entfernung oberhalb verlaufende Grenze des Unteren Buntsandsteins, die meistens auch schon oberflächlich durch das Aufhören des Waldes markiert ist, läßt keinen Zweifel darüber, woher die Wasser kommen.

Für die Frage der für das Beobachtungsgebiet außerordentlich hohen Ergiebigkeit der Quellen zu klären, ist vor allem bei der horizontalen oder fast horizontalen Lage der Schichten der Verlauf des Talrandes entscheidend. Stellt dieser eine gerade Linie dar, so werden beim Vorhandensein einer einzigen durchgehenden unterlagernden wasserundurchlässigen Schicht zahlreiche kleine Quellen die Folge sein. Sobald der Talrand aber keinen geradlinigen Verlauf nimmt, sondern durch kleinere und größere Nebentäler Einbuchtungen erfährt, verringert sich die Zahl der Quellen, wogegen die von ihnen geförderten Wassermengen zunehmen. Die Einbuchtungen sind in diesem Falle die

wasserbeherbergenden, die Vorsprünge die wasserarmen Stellen. Inwieweit diese Tatsachen für die Ergiebigkeit der am Nordwestabhang der Finne entspringenden Quellen des Unteren Buntsandsteins von Einfluß sind, lehrt die durchaus unregelmäßige, bald ein-, bald ausgebuchtete Tallinie und die Lage der Quellen in den Seitentälern und -tälchen. Besonders scharf fallen diese Verhältnisse beim Hainborn — im Röhrental bei Wiehe gelegen, — beim Gold- und Herrenborn bei Allerstedt und bei der Dorfquelle in Bucha in die Augen. Die meist wie kurze Zungen sich in die Flußebene der Unstrut hinein erstreckenden Umbiegestellen des Talrandes zeigen an keiner Stelle auch nur schwache Quellaustritte.

Die Lagerung der Schichten auf der Hohen Schrecke differiert von derjenigen in dem bisher betrachteten Teile der Finne — die als nahezu oder völlig horizontal zu bezeichnen war — insofern, als dort ein deutliches, wenn auch geringes Einfallen nach Süden statt hat. Damit steht im Einklang, daß der Westen, Nordwesten bis Nordosten der Schrecke in der Zone des Unteren Buntsandsteins durch gänzliches Fehlen von Quellen charakterisiert ist. Die Bildung von Schichtquellen muß hier für durchaus ausgeschlossen gelten. Zum Teil zerschneiden tiefe Täler die Region des Unteren Buntsandsteins, setzen sich im Gebiet des Mittleren fort und reichen fast bis zur Kammlinie des Höhenzuges hinauf; aber nirgends sind in ihnen Wasserläufe mit konstanter Wasserführung anzutreffen. Im Sommer und Herbst sind sie leer, während ergiebiger Regenperioden und zur Zeit der Schneeschmelze führen sie beträchtliche Wassermengen, denen infolge des starken Gefälles eine hohe Erosionskraft zukommt. Die beiden einzigen im Unteren Buntsandstein der Hohen Schrecke entspringenden Quellen sind daher im Südwesten bei dem Dorfe Hauteroda zu finden. Ihre Entstehungsweise stimmt mit der der Quellen im Nordwestflügel der Finne im wesentlichen überein. Die unteren Grenzletten unterlagern die wasserführenden Schichten und wirken stauend, sodaß auf ihnen die Wasser bis zu ihrem dicht an der Sohle des Tales erfolgenden Zutagetreten entlangfließen. Auch die große Ergiebigkeit und die

Temperatur, sowohl beim Riedborn wie bei der Teichquelle in Lundershausen legen einen Vergleich mit den vorigen nahe.

Alle Quellen des Beobachtungsgebietes, die im Unteren Buntsandstein entspringen, fallen demnach in die Klasse der Schichtquellen.

Der Hauptbuntsandstein.

Das mittlere Glied der Buntsandsteinformation weist im Bereiche der Schrecke, Schmücke und Finne von allen vorkommenden geologischen Bildungen die größte Ausdehnung auf. Die Hauptmasse der westlichen Finne und die höher gelegenen Teile der Hohen Schrecke sind ausnahmslos aus Material des Hauptbuntsandsteins aufgebaut. Im Süden wird er durch den für den dortigen Abfall der Schmücke und Finne so markanten Muschelkalkriegel scharf abgegrenzt; im Norden und auf der Hohen Schrecke ist er terassenartig dem Unteren Buntsandstein aufgesetzt, und im Osten erstreckt er sich bis zu einer Linie, die über die Dörfer Gößnitz, Schimmel, Kalbitz, Steinbach und Tröbsdorf entlangführt. Nur der östliche Streifen der Finne trägt kleine Siedlungen; im Westen dagegen und auf der Hohen Schrecke, wo dichter, prächtiger Wald — vorherrschend Laubwald — für den Ackerbau keinen Raum läßt, fehlt jedes Dorf, auch jede Einzelsiedlung. Das dem Hauptbuntsandstein angehörige Gebiet der Finne bildet ein breites Plateau, das nur durch die zu Tale rinnenden Bäche durchgliedert wird. Daneben stellt sich die Hohe Schrecke von allen Seiten, mit Ausnahme des Ostens, als ein breiter Kamm dar, dessen Höhe eines plateauartigen Zuges nicht entbehrt. Tiefe, schluchtenartige Täler dringen von beiden Längsseiten in die Zone des Mittleren Buntsandsteines hinauf. Reischel nennt letztere in treffender Weise kerbtierartige Einschnürungen.

Die Schichten des Mittleren Buntsandsteines bestehen aus vorwiegend roten Sandsteinen, die bisweilen rote Feldspatkörner führen. Nur die oberen Lagen des Sandsteines haben weiße Färbung. Schieferletten und Tone bilden dünne Zwischenlager,

denen aber nur eine untergeordnete Rolle zukommt. Der Sandstein ist zementarm, sodaß er häufig schon unter kräftigem Aufschlagen zerbröckelt und als Baustein kaum benutzt werden kann. Der Beginn des Mittleren Buntsandsteins ist meist dadurch zu erkennen, daß ein steilerer Anstieg des Geländes einsetzt. Die wenigen natürlichen und künstlichen Aufschlüsse geben Kunde von dem außerordentlichen Reichtum an Klüften und Spalten, die ihn nach allen Richtungen hin durchsetzen und teilweise in ein ungeordnetes System von größeren Klötzen und Bänken auflösen. Was über die Neigung und Lagerung der Schichten des Unteren Buntsandsteines ausgeführt wurde, gilt auch für den Mittleren, nämlich auf der Finne horizontale Lagerung und auf der Hohen Schrecke ein schwaches Einhalten nach Süden. Daß auch die tieferen Horizonte, die Zechsteinletten söhlig lagern, lehrt ein Besuch des Kalischachtes „Reichskrone" bei Lossa.

Quellbildung:

Die Abflußverhältnisse im Mittleren Buntsandstein gestalten sich ähnlich wie die im Unteren. Die lockere Beschaffenheit der Sandsteinmassen bedingt eine große Durchlässigkeit, sodaß die Wasser ungehindert in der Tiefe verschwinden und eine Ansammlung größerer Wassermassen nicht stattfinden kann. Wassersperrende Zonen in größerem Umfange und von nennenswerter Dicke sucht man vergeblich. Wenn an sich schon die Durchlässigkeit solcher jeder größeren Festigkeit ermangelnden Sandsteine für Wasser außerordentlich günstig ist, so wird sie durch die Fülle von Klüften und Spalten noch erheblich erhöht. Es ergibt sich demzufolge ein für eine großartige Wasserzirkulation äußerst förderliches Gesamtbild.

Die Folgen für die Quellbildung sind naheliegende. Aus dem Mangel durchgehender wasserundurchlassender Schichten folgt das Fehlen deutlicher Quellhorizonte. Gleichzeitig geht daraus hervor, daß die Quellaustritte den verschiedensten Höhenlagen angehören müssen. So kommt es vor, daß Quellen, die kaum in 200

Meter horizontaler Entfernung voneinander austreten, bezüglich ihrer Höhenlage Unterschiede von 20 und mehr Metern aufweisen. Auch die geringe und häufig wechselnde Ergiebigkeit hängt mit der besonderen Art des Mittleren Buntsandsteins zusammen. Namentlich die starken Frühjahrswasser, die dem schmelzenden Schnee entstammen, bewirken durchweg eine große Verstärkung der Wasserführung, während in vielen Fällen heiße Sommer- und trockene Herbstmonate dieselben Quellen ohne jeden Tropfen Wasser sehen. Ueberall, wo in der Haupttabelle bei der zweiten Untersuchung das Wort „Versiegt" steht, handelt es sich um Wässer des Mittleren Buntsandsteines. Und sicherlich würde eine nochmalige Prüfung im September eine weitere Steigerung ihrer Zahl hervorrufen. Da die Schichten des Hauptbuntsandsteines die obersten Gesteinslagen bilden und außerdem seine Quellen in ziemlicher Höhe herauskommen, so ermangelt den als wasserspendend in Betracht kommenden Gesteinsmassen eine stärkere Mächtigkeit und dem Einzugsgebiet größerer Flächeninhalt. Das sind Momente, die für die schwache Wasserführung und das teilweise Versagen verstärkend ins Gewicht fallen.

Angesichts der besonderen Beschaffenheit der Gesteine des Mittleren Buntsandsteins muß man mit einer zweifachen Art der Wasserbewegung innerhalb dieser Formation rechnen, nämlich mit einer langsameren, die durch die lockeren Sandsteine hindurch geht, und mit einer bei weitem schnelleren, die die Schichtfugen, Spalten und Klüfte als Wege benutzt. Letztere ist einem weitverzweigten Kanalsysteme vergleichbar, während die erstere ein gleichmäßiges Durchdringen und Sättigen des Gesteins mit Wasser und einen allmählichen Transport desselben durchführt. Damit sind zugleich die beiden Arten des Bodenwassers gegeben, das Grundwasser in den permeablen Massen des Sandsteins und das Fugenwasser in den Klüften, Spalten und Schichtfugen. Endigen die letzteren, wenn in ihnen Wasser zirkuliert, bei Tage, sei es, daß sie am Abhang eines Berges ausstreichen, oder sei es,

daß sie durch Erosion angeschnitten und entblößt worden sind, so werden an solchen Punkten Quellen fließen. Mit Recht bezeichnet man sie als Schichtfugen-, Kluft- oder Spaltquellen, weil sich aus den horizontalen und vertikalen Rissen und Sprüngen des Gesteins ihre Entstehung herleitet. Viele Quellen des Mittleren Buntsandsteins der Finne, Schmücke und Hohen Schrecke gehören zu dieser Gruppe. Recht klar ist z. B. diese Art der Quellen bei Nr. 23 (Laubbach) zu beobachten, wo das Wasser drei einige Meter von einander gesonderten Fugen entströmt. Die Quelle an der Ottenmühle bei Steinburg (Nr. 107) gibt ein passendes Beispiel dafür, daß auch aus vertikalen Klüften eine Quelle hervorbrechen kann. Wie aus einem schwachen Gießkannenrohre, einen weiten Bogen beschreibend, stürzt das Wasser hier aus einer senkrechten Sandsteinwand herab.

Seltener als diese Art von Quellen sind im Mittleren Buntsandstein echte Schichtquellen verbreitet; sie finden sich nur da, wo tonige Zwischenlager von ausreichender Stärke den normalen Gesteinscharakter unterbrechen. Ihre Zahl ist im Verhältnis zu den Kluftquellen gering, ihre Wasserführung aber bedeutend beständiger als bei jenen. Die Quellen Nr. 35—37 zählen zu dieser Art. Das Wasser entfließt hier nicht in einem geschlossenen Strahle dem Felsen, sondern tritt auf einem breiten Streifen, der sich oft nur im Sommer als feuchter Strich von der Umgebung abhebt, heraus und sammelt sich erst einige Meter unterhalb der Austrittsstelle zu einem einheitlichen Laufe. Bei der zweiten Untersuchung waren die zwei an der von Lossa nach Bachra führenden Chaussee gelegenen Quellen (Nr. 36 und 37) aufgegraben, um sie zu Zwecken einer Wasserleitung für Dorf und Schloß Bachra zu fassen und ihre Wässer in Sammelbehältern aufzufangen. Dabei ließ sich der Vorgang der Quellbildung näher untersuchen. Das Wasser bewegte sich in zahlreichen Rinnsalen auf schwachen, über- und nebeneinander gelagerten tonig-mergeligen Schichten, denen jeder Zusammenhang fehlt, entlang. Beide Quellen zeigten im Juli größere Ergiebigkeit als im Mai — eine Folge des Aufgrabens, weil dadurch das Versickern in benachbarten lockeren, ausgetrockneten Erdmassen und der nicht un-

erhebliche Verlust durch die im Sommer erhöhte Verdunstung, zumal, wenn eine so verbreiterte Austrittsstelle vorliegt, verhindert werden.

Ein wesentlich verändertes Bild bieten die Quellen des Mittleren Buntsandsteins dar, die in den Tälern des Stein-, Sau-, und Biberbaches entspringen. Diese drei Bäche haben steilhängige Täler in das Plateau eingegraben, an deren schroffen Rändern der Sandstein stellenweise zutage ansteht. Die Hochfläche selbst ist weithin mit Löß überdeckt, dessen stark variierende Mächtigkeit nirgends soweit schwindet, daß die Pflugschar den unterlagernden Fels zu entblößen imstande wäre.

Die Beschaffenheit des Materials, aus dem hier das mittlere Glied der Buntsandsteinformation besteht, unterscheidet sich merklich von dem des westlichen Flügels der Finne, da festere Sandsteine, die auch zum Häuserbau Verwendung finden, mit lockeren Sandmassen ohne jedes Bindemittel wechsellagern. Mehrere schwache Schichten von Schiefertonen durchziehen wie Bänder die gesamte Schichtenfolge. Sie stauen infolge ihrer hohen Undurchlässigkeit das die Sande und Sandsteine durchwandernde Wasser auf und werden so die Veranlassung zur Bildung von Schichtquellen. Mit Rücksicht darauf, daß die quellbildenden Schichten durch die Talfurchen der Wasserläufe angeschnitten sind, müssen diese Schichtquellen in die besondere Art eingegliedert werden, deren Entstehung an durch Erosion herbeigeführte Endigung des Wasserträgers geknüpft ist. Daß das Nährgebiet aller dieser Quellen höher liegt, bestätigt eine Beobachtung einzelner Quellenaustritte, die bereits in den Alluvionen erfolgen, die als schmales Wiesenband teilweise die drei Bäche säumen. Ein geringer hydrostatischer Druck verursacht hier ein unausgesetztes Aufstoßen des Wassers, das sich mit den feinen Schlammteilchen des Untergrundes belädt und dadurch die Gestalt deutlich sichtbarer Wolken annimmt. Mit dieser Form von Quellaustritten ist bisweilen noch ein anderes auffälliges Merkmal verbunden, nämlich die Erweiterung der Austrittsstelle zu einem kleinen Teiche. Das aufstoßende Wasser unterspült die benachbarten Teile des Ufers, die über-

lagernden, lockeren Erdmassen brechen, namentlich dann, wenn sie nicht durch das Wurzelwerk dort wuchernder Pflanzen fester verbunden sind, nieder, werden durch das abfließende Wasser weggeschwemmt und allmählich entsteht ein kleiner Quellteich, dem das überschüssige Wasser in ruhiger Weise entströmt. Diese Erscheinung — hier im Buntsandstein — ist den sogenannten „Töpfen" verwandt, wie sie für Kalksteingebiete charakteristisch sind. Sie entwickeln sich dort aus Klüften durch Auflösung des benachbarten kalkigen Gesteins. Im Tale des Biberbaches, wie auch im Quellgebiete des Steinbaches, z. B. dicht unterhalb des Schlosses Steinburg, gibt es mehrere derartige Quellteiche. Der größte liegt unmittelbar bei der Wohnung des Schloßgärtners von Steinburg. Von rundlichem Umriß hat er einen Durchmesser von etwa 7 m; in seiner ruhigen, klaren Wasserfläche spiegeln sich die schlanken Tannen des Ufers. Ein seitlicher Abfluß in Gestalt einer Rohrfassung gibt den Wasserüberschuß an den vorbeiplätschernden rechten Quellbach des Steinbaches weiter.

In der Region des Hauptbuntsandsteins kommt auch das einzige artesische Wasser zutage, das im gesamten Untersuchungsgebiete beobachtet werden konnte; und zwar handelt es sich nicht um eine Quelle im strengen Sinne der Definition, sondern um eine Bohrung. Als in den Jahren 1899 bis 1901 die Umgegend von Bibra auf Kalivorkommen abgebohrt wurde, stand auch ein Bohrturm dicht neben der Leitholdschen Mühle bei Thalwinkel. In einer Tiefe von 45 m, nachdem man eine zähe Tonschicht durchstoßen hatte, entsprang dem Bohrloch plötzlich ein kräftiger Wasserstrahl, der ein aufgesetztes Rohr von 15 cm lichter Weite bis drei Meter hoch über die Erdoberfläche füllte. Der sekundliche Wasserertrag beläuft sich noch heute wie damals auf 3,3 l. Die sich immer gleichbleibende Temperatur von 12,3° bezeugt, daß das Wasser aus größerer Tiefe kommen muß. (Siehe auch Hauptbuntsandsteine.) Da der Druck einer Atmosphäre ungefähr einem Wasserstande von 10 m

entspricht, so folgt aus der in dem aufgesetzten Rohr konstatierten Steigehöhe ein Ueberdruck von ⅓ Atmosphäre. Letztere Tatsache bekundet aber gleichzeitig, daß es sich hier unzweifelhaft um artesisches Wasser handelt. Das abfließende Wasser enthält keine Kohlensäure, so daß sein Emporsteigen nicht auf Gasdruck zurückzuführen ist. Infolge des schwachen Einfallens der Schichten nach Südosten können die fraglichen Wässer nur dem Plateau zwischen Bergwinkel, Saubach, Bucha und Altenroda entstammen, dessen Lößüberschüttungen von Gesteinsmassen des Mittleren Buntsandsteines unterlagert sind. Die unregelmäßigen, zusammenhanglosen Toneinlagerungen dieser Schichtfolge im Verein mit der den Rand des Bohrloches um etwa 150 m übersteigenden Höhenlage des Nährgebietes, die einen gewissen hydrostatischen Druck bedingt, genügen, um die artesische Natur dieses Wasserabflusses zu rechtfertigen. Daß tonige Zwischenlager von geringerer horizontaler Ausdehnung imstande sind, die Veranlassung zu aufsteigenden Quellen zu sein, darauf hat besonders Gordon[4]) hingewiesen, der einen derartigen Fall aus dem Untereozän des nordwestlichen Louisiana und südlichen Arkansas beschreibt.

Ein kurzer Rückblick auf die Quellen des Hauptbuntsandsteines ergibt, daß in den höheren Lagen meist Kluft-, Schicht- und Fugenquellen, in den Erosionstälern dagegen reine Schichtquellen zu finden sind.

Der Röt.

Von den drei Unterabteilungen des Buntsandsteins ist der Röt im Gebiete der Schmücke, Hohen Schrecke und Finne bei weitem am wenigsten entwickelt. Die Schrecke und der nordwestliche Flügel der Finne schließen in ihren höchsten Lagen mit dem Mittleren Buntsandstein ab, und zeigen bei ihrer vor-

4) Gorden, C. H. Geologya underground waters of northeastern Tex.

wiegend horizontalen Lagerung der Gesteine nirgends Spuren des Röt. Anders auf der Schmücke. Hier schiebt er sich am Nordwestabhang zwischen die steil nach Süden einfallenden Schichten des Hauptbuntsandsteines und des Unteren Muschelkalkes in geringer Mächtigkeit ein — ein schmales Band, dessen Zusammenhang je weiter nach Westen umso häufiger durch diluviale Ueberdeckung unterbrochen wird. Die leichte Zersetzbarkeit seines Materials bringt es mit sich, daß sich fast durchweg zwischen dem Muschelkalkrücken der Schmücke und dem nach Norden folgenden Hauptbuntsandstein flache Täler ausgewaschen haben. Ostwärts begleitet der Röt, den zonalen Charakter beibehaltend, den Südwestabfall der Finne bis Eckartsberga, auch hier als schmales Tal den Hauptbuntsandstein vom Muschelkalke trennend. Der ganze Osten der Finne, dessen Oberflächengestalt besonders durch die Muschelkalkformation bestimmt ist, zeigt Spuren des Röt. Er unterlagert den Muschelkalk, sodaß hier die normale Schichtenfolge vom Mittleren Buntsandstein bis zum Oberen Muschelkalk an verschiedenen Stellen deutlich erkennbar wird. Gut zu verfolgen ist der Röt von nördlich Kösen bis Nißmitz, ferner bei Gößnitz, Burgheßler und Klosterhäseler, ebenso von Steinbach bis unterhalb Bibra, rechts von der Chaussee, die nach Laucha führt. Dort reicht er bis zum Dorfe Plößnitz und umsäumt als schmaler Streifen die Muschelkalkhöhe, die diese Siedlung trägt.

Der Röt besteht vorzugsweise aus rötlichen und grünlichen Mergeln und Schiefertonen mit Einlagerungen von Kalk, Quarzit und Dolomiten. Auch einzelne Gipsschollen sind eingebettet. Sie wurden in früheren Jahren ausgebeutet, wovon noch heute die Reste einer Gipshütte beim Dorfe Steinbach zeugen. Daß außer dem Gips auch Steinsalz auftritt, beweist der Salzbrunnen in Harras, der diesen Namen wegen des merklichen Salzgeschmackes seines Wassers mit vollem Rechte führt.

Quellbildung:

Für die Wasser- und Quellverhältnisse des Untersuchungsgebietes kommt dem Röt nur eine verhältnismäßig untergeord-

nete Bedeutung zu. Das liegt einmal an der geringen Mächtigkeit seiner Schichten, das andere Mal aber auch an der zum Teil lockeren, für Wasser durchlässigen Beschaffenheit seines Materials. Wasserstauende Kraft besitzen allein die Schiefertone, die aber nur in dünnen Lagen auftreten, so daß nicht alle durch die Muschelkalkbildungen beförderten Wassermengen aufgehalten werden können und das Zustandekommen eines größeren Quellhorizontes zur Unmöglichkeit wird.

Im Borntale unterhalb Crawinkel bis Plößnitz ist auf der Grenze von Röt und Muschelkalk ein kleiner Quellhorizont entwickelt. Von den 4 Schichtquellen (Nr. 118—121), die hier zutage treten, sind die beiden stärksten gefaßt und versorgen obige Siedlungen, die zu den kleinsten der dortigen Gegend zählen, ausreichend mit Wasser. In derselben Weise entsteht die Quelle am Waldrande bei Gößnitz (Nr. 134). Sie stimmt bezüglich ihrer Temperatur und ihrer hohen Härte gut mit den vorher genannten Quellen überein. Auch bei den Quellen bei Harras (Nr. 2—5) und am Waldschlößchen bei Schloßheldrungen (Nr. 1) fällt dem Röt die Rolle des Wasserstauers zu. Diese Art von Quellen ist in der Haupttabelle in der Spalte „Formation" mit Muschelkalk-Röt bezeichnet.

Es liegt auf der Hand, daß die chemischen und physikalischen Eigenschaften dieser Quellen, obgleich sie dem Röt angehören, doch denen des Muschelkalkes gleichen müssen, da eine Beeinflussung durch die petrographisch-mineralogische Eigenart des Röt als unterlagernder Schicht nur im beschränkten Umfange denkbar wäre (vergl. S. 35). Innerhalb des Röt selbst entspringt an keiner Stelle des Beobachtungsgebietes eine Quelle.

Die Muschelkalkformation.

Der südliche Zweig der Gabelung der westlichen Finne, die Schmücke, die durch das weite Tal des Helderbaches von dem nördlichen, der Hohen Schrecke, getrennt wird, zeigt eine von dem letzteren Höhenzuge völlig verschiedene Oberflächengestalt, die auch dem ungeschulten Auge erkennen läßt, daß hier andere Gesteine wie dort als Baumaterial gedient haben. Als östlicher Pfeiler des Unstrutdurchbruches bei Sachsenburg, dicht am Fluß steil aufsteigend, verläuft die Schmücke fast genau in der N.W.-S.O.-Richtung als ein scharf ausgeprägter schmaler, teilweise kahler oder nur dürftig bewaldeter Kamm. Ihre Höhe nimmt allmählich bis zum Kieselberge zu, um dann weiter ostwärts wieder nachzulassen. Die östliche Fortsetzung der Schmücke über den Paß von Burgwenden hinaus bildet den Südabfall der Finne, der dasselbe morphologische Gepräge trägt, wenn auch nicht in so schroff ausgesprochenen Formen. Dieses von den übrigen Partien des Beobachtungsgebietes so verschiedene Aussehen ist bedingt durch die petrographisch anders geartete Zusammensetzung der Schichten, dort Buntsandstein, hier Muschelkalk. Auch für den ganzen Südosten der Finne liefert die Muschelkalkformation das Baumaterial. Die inneren Gebiete dieses Teiles haben vorwiegend plateauartigen Charakter, während die randlichen Zonen, namentlich der Südabfall, gut mit den Formen der Schmücke übereinstimmen.

Was zunächst die Streichrichtung der Schichten des Muschelkalkes auf der Schmücke und am Südwestabhange der Finne anbetrifft, so fällt sie im wesentlichen mit derjenigen der im Norden angrenzenden Buntsandsteingebilde zusammen, wie ja überhaupt das nordwestliche bis nordnordwestliche Streichen fast sämtlichen Höhenzügen des Thüringer Beckens eigen ist. Aber das Einfallen der Schichten wird, je mehr man sich von Norden kommend, der Schmücke nähert, desto steiler. Die zahlreichen Kalksteinbrüche, die sich auf dem Kamme der Schmücke entlangziehen, lassen in selten klarer Weise erkennen, wie es zwischen Sachsenburg und Harras etwa

30° beträgt und je weiter nach Osten zu mehr und mehr zunimmt. An der Wendenburg und am Finnberge, der die direkte Fortsetzung der Schmücke über den Paß von Burgwenden hinaus bildet, ist die Stellung der Schichten durchweg sehr steil, zu beiden Seiten des Passes sogar saiger bis überkippt. In ihrem weiteren Verlaufe bis Rastenberg kompliziert sich die Lagerung der Muschelkalkschichten mehr und mehr, die Ueberkippung, die in der umgekehrten Lagerungsfolge in den Steinbrüchen östlich dieser Stadt gut zu beobachten ist, wird zur Regel und wächst bei den Trochitenkalken bis zu einem Fallwinkel von 30° gegen N.O. an. Schon von Schafau ab geht aus dem verschieden großen, aber beständig zu-, bezüglich abnehmenden Einfallen der einzelnen Abteilungen des Muschelkalkes hervor, daß die Schichtung fächerförmig sein muß. Auf eine kurze Strecke von Keuper überkleidet, tritt der Muschelkalk bei Herrengosserstedt wieder hervor und streicht mit dem Südostpfeiler der Finne bei Unterneusulza an der Saale aus. Die Lagerungsverhältnisse sind hier äußerst verwickelt. Biegungen, Knickungen und Verwerfungen haben die normale Schichtenfolge völlig zerstört. Da aber mit diesen Dislokationen Quellbildungen nicht im Zusammenhange stehen, erübrigt es sich hier, näher darauf einzugehen.

Einfacher und übersichtlicher gestaltet sich die Lagerung der Glieder der Muschelkalkformation in dem sich nordwärts zwischen Lißdorf und Unterneusulza anschließenden Teile der Finne, der den Südosten dieses Höhenzuges bildet. Oestlich von Burgholzhausen beginnend, legen sich die Muschelkalkpartien in einem erst nach Osten und dann nach Nordosten gerichteten Bogen auf die vom Rücken der Finne schwach nach Südosten einfallenden Buntsandsteine auf. Der südliche Fallwinkel geht allmählich in einen südöstlichen über. Die deutlich verfolgbare Schichtenfolge des Muschelkalkes von nördlich Eckartsberga bis Rehehausen auf der südlichen Seite und nördlich Lißdorf bis Hohendorf auf der nördlichen Seite beweist, daß hier eine flache Schichtmulde vorliegt, die von pleistoränen Bildungen erfüllt ist.

Die Muschelkalkformation mit ihren 3 Untergliedern, dem Unteren, Mittleren und Oberen, ist ausnahmslos aus Gesteinen vorherrschend kalkiger Natur aufgebaut. Der Untere Muschelkalk beginnt über dem Röt mit grauem, feinschichtigem Wellenkalk, dem 2 getrennte Schaumkalkzonen aufgesetzt sind. Auf die obere folgt wieder Wellenkalk, der den Abschluß der unteren Abteilung des Muschelkalkes bildet. Der Mittlere Muschelkalk, aus dolomitischen Kalkmergeln und grauen dolomitischen Kalksteinen bestehend, hat seiner geringen Entwickelung wegen für das gesamte Beobachtungsgebiet nur beschränkte Bedeutung; besonders findet er sich im Südosten der Finne nur in dünnen Lagen vor und ist bisweilen überhaupt nicht nachweisbar. Viel mächtiger dagegen ist das Vorkommen des Oberen Muschelkalkes, der sich deutlich in 2 Abteilungen zerlegt, die Trochiten- und Nodosenschichten. Kraft seiner geringen Verwitterungsfähigkeit und seiner natürlichen Festigkeit hebt sich der Trochitenkalk überall als scharfe Kante hervor, so namentlich auf der Schmücke und am Finnberge. Die Nodosenschichten bestehen aus weniger festen, splitterigen oder dünnplattigen Kalksteinen, die mit grauen Mergeltonen abwechseln.

Das Hauptmaterial der gesamten dortigen Muschelkalkformation, obgleich Kalkstein, muß dennoch im ganzen zu den durchlässigen Gesteinen gezählt werden. Aber der verschiedene Grad der Festigkeit der einzelnen Schichten hat zur Folge, daß auch der Grad der Durchlässigkeit mit dem Gesteinsbefund wechselt. Man vergleiche nur den dichten Wellen- mit dem porösen Schaumkalk, oder die feste Trochitenbank mit dem lockeren Gefüge der Nodosenschichten.

Zu einem ähnlichen Ergebnis führt die Gegenüberstellung der Gesamtlagen des Mittleren mit denjenigen des Oberen Muschelkalkes; dort durchgehend bröckliges, mürbes Material, hier festgefügte Massen von ziemlicher Dichte. Diese Tatsachen bedingen, daß die Durchlässigkeit nur eine relative ist, von einer gleichmäßig schnellen Zirkulation des Wassers in allen Schichten der Muschelkalkformation kann keine Rede sein. Bei wenig

geneigter bis horizontaler Schichtenstellung ist es also sehr wohl denkbar, daß die festeren Schichten das von den lockeren transportierte Wasser aufhalten und dadurch beim Zutagetreten der unteren Schichtenköpfe eine Quellbildung vor sich geht. Dieser Fall kommt für das gesamte Untersuchungsgebiet kaum in Frage, da durch die meist hochgradige Steilstellung der Schichten ein Versickern des Wassers in die Tiefe im hohen Maße begünstigt wird. Aber auch noch bei einem Fallwinkel von 30 und mehr Grad treten, wenn die wasserführenden Schichten angeschnitten werden, kleine Schichtquellen zutage. Die Quellen Nr. 7 und 8 am Südwestabhang der Schmücke und Quelle Nr. 19 am Fuße des Finnberges sind Beweise dafür, und ihre im Sommer stark nachlassende Ergiebigkeit bestätigt die Art und Weise ihrer Entstehung. Eine andere Form der Quellbildung ist auf dem Nordwestabfall der Schmücke zu beobachten. Dort ist deutlich erkennbar, auch infolge der 12° und mehr als 12° betragenden Härte, daß die Quellen am Waldschlößchen und bei Harras durch Wasser des Muschelkalkes gespeist werden, obgleich ihre Austrittsstellen bereits im Röt liegen (vergl. S. 29). Die oberen Grenzletten des letzteren setzen dem auf der Wanderung in die Tiefe begriffenen Wasser einen merklichen Widerstand entgegen; die obere Grenze des Röt ist durch Muschelkalkschutt verkleidet, unter dem das Wasser eine Strecke entlangfließt, so daß die Quellen erst etwa 100 m unterhalb der Formationsgrenze zutage treten. Hierbei spricht zweifellos auch die wesentlich höhere Lage der sich südlich angliedernden Schichten des Mittleren und Oberen Muschelkalkes mit, die sich in beträchtlicher Masse bis zur Kammhöhe der Schmücke aufbauen, so daß die Kurve des Grundwasserspiegels eine Aufwölbung erleidet. Der dadurch verursachte hydrostatische Druck zwingt die Wasser des Unteren Muschelkalkes, sich einen seitlichen Ausweg zu suchen, zumal ihnen die Grenzletten des Röt als Wasserstauer auf ihrem Wege in die Tiefe entgegentreten.

Aus dieser Darlegung erhellt, daß diese

Quellen in die Gruppe der Ueberfallquellen einzugliedern sind.

Der gesamte Südabfall der Finne zeigt, mit ihrem Nordwestabhang verglichen, außerordentlich große Quellarmut; die saigere und überkippte Stellung, bisweilen flexurartige Abbiegung der Schichten läßt die Möglichkeit der Entstehung von Quellen kaum offen. Bei Schafau, wo eine fächerförmige Auffaltung der Muschelkalkschichten stattfindet, und diese außerdem noch durch einen Hohlweg in der Richtung der Querachse durchstoßen werden, entspringen 3 Quellen, die sich durch ihre hohe Härte von vornherein als Muschelkalkquellen kenntlich machen. Die fächerförmige Stellung der Schichten setzt eine durch seitlichen Druck bewirkte Zusammenpressung der unteren Partien der steilstehenden Gesteinsmassen voraus und hat eine Verengung des Wasserträgers zur Folge, die sich in dem natürlichen Zutagetreten des Wassers äußert. Auch in der Stadt Eckartsberga am Südabhang der Finne sind die Wasserverhältnisse außergewöhnlich ungünstige. Von den drei dürftigen, dort fließenden Wässern ist nur eins im Sinne der Definition als Quelle zu bezeichnen. Der Rosen- und Keglersche Brunnen verdanken ihr Wasser künstlichen, horizontal in die Bergwand gerichteten Bohrungen, die im ersten Falle durch Graben eines Felsenkellers veranlaßt wurde und deren Rohrleitung im zweiten, einen alten Stollen des bis zum Jahre 1612 in Betrieb befindlichen Bergwerks „Gottes Glück" benutzend, ebenfalls in die Schichten des Muschelkalkes eindringt. Nur die dritte Quelle, die der Ausgangspunkt eines namenlosen Baches ist, muß als Folge einer kleinen natürlichen Einbuchtung in die Gesteinsmassen angesehen werden. Jahrelange Bohrversuche, auch unter Zuhilfenahme eines Rutengängers, brachten der Stadt Eckartsberga nicht das ersehnte Wasser, um eine Wasserleitung daran anschließen zu können. Um die brennende Wasserfrage überhaupt einer befriedigenden Lösung entgegenzuführen, sieht man sich jetzt gezwungen, eine mehrere Kilometer südwärts in der Keupermulde bei Seena erbohrte Wasserader der Wasserversorgung nutzbar zu machen.

In einem bemerkenswerten Kontraste zu den bisher geschilderten Quellverhältnissen in den südwestlichen Muschelkalkstreifen der Finne steht der relative Quellenreichtum des Lanitztales, das den östlichen Flügel des schmalen Kalkriegels durchbricht und von dem Lißbach durchströmt wird. Die scharfe sattelförmige Zusammenschiebung und Aufbiegung der Schichten, durch welche die Sonnenkuppe links vom Lanitztale entstanden ist, läßt sich auch rechts davon, also in der Richtung nach Eckartsberga zu, deutlich weiterverfolgen. Der Lißbach durchbricht die Schichtenfolge in der Richtung der Querachse des Sattels und schneidet die wasserführenden Schichten an, so daß auf eine Strecke von 2 km 6 Quellen zutage treten, ein Ausnahmefall nicht nur für die dortige Gegend, sondern überhaupt für Muschelkalkgebiete. Als wasserstauende Schicht kommt vermöge ihrer Festigkeit nur die untere Lage des Oberen Muschelkalkes, der Trochitenkalk, in Betracht, dessen Schichten auf beiden Talwandungen des Lanitztales ausmünden und infolge der Sattelbildung steil aufgerichtet sind. Der schmale Talgrund ist mit diluvialen Schutten ausgefüllt, die auch noch die die Talsohle schneidenden Muschelkalkbänke einige Meter weit bergwärts überkleiden. Dadurch wiederholt sich hier die bereits mehrmals angeführte Tatsache, daß der Quellaustritt nicht direkt an der Schichtgrenze vor sich geht, sondern im Diluvium. Die Entstehung der Quellen des Lanitztales hängt ohne Ausnahme mit der ziemlich beträchtlichen Störung des normalen Schichtenverlaufe zusammen, was aber durchaus nicht ausschließt, daß sie unter die Schichtquellen einzuordnen sind.

Daß der Trochitenkalk die Stelle des Wasserstauers übernimmt, verhindert, daß das Wasser Kalke von großer Mächtigkeit passiert.

Der Lißbach durchfließt in seinem Oberlaufe eine sich nach Osten verbreiternde Mulde, deren bereits bei den Erörterungen rein geologischer Natur gedacht wurde. Auch hier

wirken die Trochitenkalke wassersperrend und geben Veranlassung zu kleineren Quellbildungen. Von den auf dem Meßtischblatt bei den Dörfern Poppel, Zäckwar, Gernstedt und Spielberg eingezeichneten Quellen waren die meisten schon im Juni ohne jede Wasserführung, so daß sie in der Haupttabelle nicht aufgenommen wurden. Die tieferen Stellen der Mulde sind mit sumpfigen Wiesen bedeckt, die mittels Drainageröhren entwässert werden müssen, z. B. zwischen Gernstedt und Rehehausen. Der namentlich in niederschlagsreichen Jahren hohe Stand des Grundwassers hält selbst die angrenzenden Aecker im Frühjahr längere Zeit sehr feucht, während in trockenen Sommern fast sämtliche Quellen versiegen. Die von den Bewohnern der dortigen Dörfer bezeichneten Wasserstellen sind zum großen Teil nur Folgen der Wiesendrainage; das beweist nicht nur ihr Austritt im Endstück eines Tonrohrsystems, sondern auch das Verschwinden ihrer Wasserführung im Hochsommer. Treffend wird dieser Tatbestand illustriert durch die Quelle an den sog. Ruhebänken bei Gernstedt, bei der im Juni noch eine geringe Ergiebigkeit zu beobachten war, während Anfang August jedes Wasser fehlte. Nur an der tiefsten Stelle der Mulde, die infolge ihrer südöstlichen Neigung oberhalb des Dorfes Rehehausen liegt, fließt eine Quelle von konstanter Wasserführung. Sie versorgt den größten Teil des kleinen Dorfes Rehehausen mit Wasser. Ihre Entstehung ist folgende: Der flache Grundwasserstrom der Mulde fließt naturgemäß im Sinne ihrer Neigung. Oberhalb Rehehausen treten die am Rande der Mulde ausstreichenden Muschelkalkschichten talbildend zusammen, wodurch eine bedeutende Verengung des Wasserträgers erfolgt, die ihrerseits wieder das Heraustreten des Wassers in Form einer Quelle erzwingt.

Weiter ost- und nordwärts trägt die Finne die Merkmale eines echten Muschelkalkplateaus. Saale und Unstrut umfließen im Norden und Osten das Plateau, das durch die Hassel in eine nördliche kleinere und eine südöstliche größere Partie zerglie-

dert wird. Während die schmalen Flußauen gar häufig unter Ueberschwemmungen zu leiden haben, ist die Hochfläche selbst natürlich arm an Wasser. Die einzige Quelle des Plateaus, die im Juni noch Wasser führte, liegt bei Kösen in der alten Flur Stendorf; aber ihre sehr geringe Ergiebigkeit läßt ihr keinerlei Bedeutung für die Wasserversorgung der dortigen Gegend zukommen. Die Siedlungen sind durchweg bezüglich ihres Wasserbedarfs auf Brunnen angewiesen. Die weniger tiefen Privatbrunnen halten in trockenen Sommern nicht aus, so daß man sich in den meisten Ortschaften schon in früheren Jahren gezwungen sah, teilweise recht tiefe und kostspielige Gemeindebrunnen anzulegen. Zur Charakterisierung der Wasserverhältnisse auf dem Plateau mögen hier einige Angaben über die Brunnen des Dorfes Pomnitz[5]) Platz finden, die als typisch herausgegriffen worden sind. Das Dorf hat zwei Gemeindebrunnen, von denen der wertvollste ca. 63 m tief ist. Außerdem gibt es noch 8 Privatbrunnen, deren Tiefe 11 m nicht übersteigt. Vor Anlage des Tiefbrunnens brachten dürre Sommer regelmäßig drückenden Wassermangel, so daß die Bewohner das Wasser in beschwerlichster Weise aus Kösen heraufholen mußten. Anfang der zwanziger Jahre des vorigen Jahrhunderts grub die Gemeinde einen Brunnen; aber in einer Tiefe von 30 m traf man auf so hartes Gestein, daß man die Arbeit einstellte. Infolge eines Bittgesuches an den damaligen König Friedrich Wilhelm III. gewährte die Regierung ⅔ zu den Baukosten. Die wiederaufgenommene Bohrung erschloß in einer Tiefe von 63 m eine ergiebige Wasserader, die noch heute die Gemeinde ausreichend mit Wasser versorgt. Der Brunnenbau erforderte eine Arbeitszeit von mehr als 2 Jahren und einen Kostenaufwand von 1350 Talern.

Die Ausführungen über die Quellverhältnisse der gesamten Muschelkalkformation des Beobachtungsgebietes lassen sich mit kurzen Worten dahin zusammenfassen, daß die Zahl der

---

5) Naumann, Skizzen und Bilder zu einer Heimatskunde des Kreises Eckartsberga (Seite 124).

Muschelkalk-Quellen im Vergleich zu der der beiden unteren Glieder des Buntsandsteins gering und ihre Schüttung durchgängig schwach ist. Hinsichtlich ihrer Klassifikation gehört die Ueberzahl derselben zu den Schichtquellen; einige müssen als Ueberfallsquellen gelten, während eine noch kleinere dritte Gruppe der Verengung des Wasserträgers ihre Entstehung verdankt.

2.

Die chemischen Eigenschaften des Quellwassers, besonders die Härte.

Die chemische Beschaffenheit des Quellwassers steht natürlich unter dem Einflusse der mineralogischen Zusammensetzung der durchflossenen Schichten. Die Lösungsfähigkeit des Wassers steigert sich mit zunehmendem Kohlensäuregehalte und wachsender Temperatur. In der chemischen Analyse des Quellwassers ist uns also ein wichtiges Mittel an die Hand gegeben, die verborgenen mineralogischen, bezüglich die geologischen Verhältnisse des Quellgebietes zu erkennen. Da aber derartige Analysen ihrer Umständlichkeit und der damit verbundenen hohen Kosten wegen sehr selten, ja fast ausschließlich nur, wenn es sich um Wasser für Trink- und Heilzwecke handelt, ausgeführt werden, so begnügt man sich beim Quellstudium meist mit der Bestimmung der Härte, die sich mit Hilfe der Clark'schen Seifenlösung in einfachster Weise ermöglichen läßt[6]). Die Härte wird bedingt durch das im Wasser gelöste Calcium, bezüglich Magnesiumkarbonat. Die in der Haupttabelle enthaltenen Zahlenangaben beziehen sich auf deutsche Härtegrade. Ein deutscher Härtegrad ist dadurch definiert, daß in 100 000 Gewichtsteilen Wasser ein Gewichtsteil Calciumoxyd

---

6) Näheres siehe Hyppolit J. Haas, Quellenkunde, Beilage Nr. 3, Seite 217.

— CaO — gelöst ist. Für vorhandenes Magnesiumoxyd — MgO — wird die äquivalente Menge Kalkerde gesetzt, die man durch Multiplikation mit dem Faktor 1,4 erhält.

Bezüglich der Härte des Quellwassers treten in dem Beobachtungsgebiete scharfe Gegensätze hervor; auf der einen Seite stehen die Quellen der Muschelkalkformation mit sehr hoher Härte, auf der anderen die des Hauptbuntsandsteines mit nur wenigen Härtegraden. Der reichliche Gehalt an CaO der Muschelkalkquellen ist ohne weiteres dadurch erklärt, daß das Wasser seinen Weg durch Wellen-, Schaumkalke und andere kalkhaltige Schichten und Bänke nimmt, so daß Härtegrade von nahezu 12, 12 und mehr als 12 als natürliche Folge erscheinen. Zu dieser Gruppe gehören die meisten Quellen der Schmücke (siehe Spalte Formation der Haupttabelle); ferner alle diejenigen, die am Südabfall der Finne, der geologischen Fortsetzung des Muschelkalkriegels der Schmücke, heraustreten und schließlich ausnahmslos auch die, die im östlichen Teile der Finne entspringen. Die in den oberen Lagen des Mittleren Buntsandsteins (Hauptbuntsandsteins) zutage kommenden Wässer zeigen die geringste Härte im gesamten Beobachtungsgebiete. Dazu rechnen die bezüglichen Quellen der Schrecke und des Nordwestflügels der Finne. Ihre Härte schwankt zwischen 2,3° und 4,7° und weicht damit aber doch noch wesentlich von derjenigen anderer Buntsandsteingebiete Deutschlands ab, in denen die Grade sogar bis 0,6 und 0,5 hinabsinken. Im allgemeinen können die aus dieser Formation dringenden Quellen nur in geringem Umfange mit gelösten Substanzen beladen sein, weil die Hauptmasse des Gesteins, die das Wasser durchstreicht, nur schwer löslich ist. „Schon Gustav Bischof hat ein Quellwasser aus dem Buntsandstein bei Heidelberg für das reinste erklärt, das ihm je vorgekommen sei, zumal keines der angewandten Reagentien, nicht einmal salpetersaures Silberoxyd, im mindesten reagierte. Im chemischen Laboratorium der Heidelberger Hochschule wurde und wird wohl noch

heute solches Quellwasser verwandt; denn durch alle künstlichen Hilfsmittel könnte wohl kaum ein reineres als dieses erzeugt werden." Die verhältnismäßig hohe Härte des Quellwassers der Hauptbuntsandsteinzonen der Schrecke und der nordwestlichen Finne bedeutet daher eine Ausnahmestellung, die auch nicht durch das Bindemittel des Gesteins, das nicht kalkiger, sondern toniger Natur ist, begründet wird. Es bleibt nur übrig, die schwachen Ueberlagerungen von geschiebefreiem Lehm und Löß für diese auffallende Erscheinung verantwortlich zu machen. Beide, Lehm und Löß, erwiesen sich durch starkes Aufzischen beim Betropfen mit HCl. als außerordentlich kalkhaltig. Unter der Lupe und auch schon mit bloßem Auge betrachtet, zeigten sich die Spuren des kohlensauren Kalkes in Gestalt weißer Punkte und Aederchen.

Eine dritte Gruppe von Quellen nimmt zwischen den beiden bisher angeführten insofern eine Mittelstellung ein, als sie sich durch einen Härtegrad von 5 bis nahezu 11 charakterisiert. Hierher sind zu zählen alle Quellen des Unteren Buntsandsteins; ihr Härtezuwachs gegenüber ihren höher gelegenen Schwestern des mittleren Gliedes derselben Formation ist auf die Einlagerung der Rogensteinbänke zurückzuführen. Weiterhin gehören zu dieser Gruppe auch alle diejenigen Wässer des Hauptbuntsandsteins, welche in den Erosionstälern, die das Plateau der Finne zerschneiden, entspringen (z. B. die Quellen im Tale des Biber-, Stein- und Saubaches). Die bereits für die Härte der in den oberen Lagen derselben Unterformation herauskommenden Quellen erkannte Ursache kehrt hier im verstärkten Maße wieder. Die den Buntsandstein an diesen Stellen überlagernden Lößaufschüttungen erreichen teilweise eine Mächtigkeit von mehr als 2 m.

An der Schwesterquelle bei Bad-Bibra konnten nach dieser Richtung genauere Studien vorgenommen werden. Ein 30 m tal-

aufwärts gelegener Sandsteinbruch zeigte als oberste Schicht eine durchgängige Lößdecke von ca. 1,50 m. In dem etwa 40 m südlich verlaufenden Durchstich der jetzt im Bau befindlichen Finnebahn hat der den Buntsandstein überlagernde Löß eine zwischen 1 und 2,50 m schwankende Mächtigkeit. Um ein ungefähres Resultat darüber zu gewinnen, in welchem Maße sich das Wasser beim Passieren dieser Schicht mit CO. bereichert, wurden mit an dieser Stelle entnommenem Löß Versuche angestellt, die im Folgenden näher beschrieben sind.

In zylinderförmige Blechbüchsen mit einem Durchmesser von 21 cm und mit siebartig fein durchlöchertem Boden wurde der Löß leicht eingestampft, bis die in der Natur vorhandene Festigkeit der Schichten mittels Gewichtsbestimmung annähernd erreicht war. Beim Messen der Härte des aus einem offenstehenden Gefäße entnommenen Regenwassers ergab sich — wie ein Blick auf die Tabelle A lehrt — die interessante Tatsache, daß die Härte im Laufe der Zeit zunimmt.

Tabelle A.

Härte des Regenwassers
— aus einem offen stehenden Gefäß entnommen. —

Zeit	Härtegrad
Unmittelbar nach dem Regen	0,35°
Nach 1 Tage:	0,65°
„ 2 Tagen:	0,80°
„ 4 „	1,00°

Die Ursache dieser Erscheinung sind die in der Luft schwebenden Staubteilchen, die vom Wasser allmählich aufgefangen und aufgelöst werden, und die Verdunstung, welche bei einem offenen, im Freien befindlichen Behälter zumal im Monat Juli das Volumen des Wassers sichtlich reduziert und dadurch die Härte erhöht.

Zu den ersten Versuchen wurden Lößschichten von 10 und 15 cm Stärke mit je 10 cm Wasserüberspülung gewählt, wobei

sich in beiden Fällen beim durchgesickerten Wasser eine Härte von annähernd 12° herausstellte. Um das An- und Abschwellen des Gehaltes an CaO genauer beobachten zu können, kamen schließlich viel dünnere Lößschichten mit verschieden hoher Wasserbedeckung zur Anwendung. Die erzielten Resultate sind in Tabelle B zusammengestellt.

Tabelle B.

Versuch Nr.	Stärke der Lößschicht	Höhe der Wasserbedeckung	Härte des bedeckenden Wassers	Härte des Wassers nach Passieren der Löschung
1	2 cm	1 cm	0,8°	2,44°
2	2 „	2 „	0,8°	3,78°
3	3 „	1 „	1,0°	Das Wasser drang durch die Lößschicht nicht hindurch
4	3 „	2 „	1,0°	4,14°
5	3 „	3 „	1,0°	5,71°
6	3 „	4 „	1,0°	4,36°

Wenn man die einzelnen Angaben dieser Tabelle miteinander vergleicht, so springen folgende Beziehungen zwischen Stärke der Lößschicht, Höhe der Wasserbedeckung und Härte des durchgesickerten Wassers in die Augen:

1. Die Härte des Wassers ist von der Mächtigkeit der passierten Lößschicht abhängig.

2. Sie wird weiterhin bedingt durch die Höhe des überdeckenden Wassers.

3. Aber sie zeigt sich dieser nur bis zu einem gewissen Punkte direkt proportional, um dann bei weiterer Steigerung der Wassermenge wieder zu fallen.

Unter den sonst im Quellwasser vorhandenen chemischen Bestandteilen sind als charakteristisch für einzelne Quellen des Untersuchungsgebietes nur Chlornatrium und Eisenoxydul anzuführen. Das erstere verrät sich gleich durch den salzigen

Geschmack und konnte beim sogen. Salzbrunnen in Harras (Nr. 6) nachgewiesen werden. Sein Wasser, das dem Röth entquillt, durchsickert wahrscheinlich eine Salzlinse, wie sie auch anderen Orts in dieser Formation eingebettet sind, und belädt sich auf diese Weise mit den Chlornatriumteilchen. Eisenverbindungen, besonders Eisenoxydul und Eisenhydroxyd, geben den rötlichen bis bräunlichen Horizonten der gesamten Buntsandsteinformation die Färbung, so daß es zu den häufigeren Erscheinungen der Quellen solcher Gebiete gehört, wenn sie an den Austrittsstellen rot absetzen und Neigung zur Bildung von Raseneisenstein zeigen. Quelle Nr. 92 führt beide Tatsachen, die rötliche Färbung der Umgebung des Ausflusses und die beginnende Raseneisensteinbildung vor Augen. Das Wasser des Gesundbrunnens in Bad Bibra (Nr. 85), das von den Bewohnern der Stadt mit Vorliebe zu Trink- und Kochzwecken benutzt wird, setzt rostbraunen Topfstein in den Kochgeschirren ab. Auch die rostfarbenen Sedimente im Ausflußbecken sprechen für den Eisengehalt der Quelle. Läßt man eine mit diesem Wasser gefüllte Glaskaraffe über Nacht stehen, so zeigen Wände und Boden des Gefäßes schon am nächsten Morgen einen feinen rostbraunen Belag, der sich bei längerem Stehen merklich verdickt. Beim Einlassen in ein Glas entsteigen dem Wasser zahlreiche feine Bläschen, die sich an den Wänden ansetzen oder oberflächlich entweichen und den Kohlensäuregehalt der Quelle bekunden. Diese so augenfälligen Eigenschaften führten schon vor mehr als 200 Jahren dazu, den Gesundbrunnen zu Badezwecken zu benutzen, und noch heute unterhält das im anmutigen Tale des Saubaches gelegene Städtchen Bibra einen kleinen Badebetrieb.

Bereits[7]) im Jahre 1687 wurde das Wasser des Gesundbrunnens von dem Leibarzt des Herzogs Johann Adolf von Sachsen-Weißenfels Dr. Siebold dem damaligen Stande der

---

7) Die geschichtlichen Daten und die Analysen sind entnommen aus: Alte und neue Analysen der Heilquellen des Stahlbades Bibra von Dr. Max Popp 1905.

Wissenschaft gemäß genau untersucht. Aus dem Jahre 1766 liegt eine Beschreibung der Wirkung des Wassers und seiner Bestandteile von Dr. Hesse vor. Die ersten quantitativen Analysen führten 1797 Joh. Barth. Trommsdorff (Trommsdorff's Journal für Pharmazie 1797 Bd. 5 St. 1 S. 135—146) und C. A. Hoffmann (Journal des Luxus und der Moden 1798 S. 87 bis 91) aus. Beide Analysen sind hier mitgeteilt, sie beanspruchen natürlich nur historischen Wert und gewähren einen interessanten Einblick in den Umfang und die Genauigkeit der damaligen quantitativen Analyse.

I. Die Analyse von Trommsdorff.

In einem Pfunde zu 16 Unzen sind enthalten:		Umrechnung auf 1000 ccm
Schwefelsaurer Kalk	0,416 Gran	= 0,0541687 g
	0,625 „	= 0,0813833 „
Schwefelsaure Kalkerde	0,125 „	= 0,1029987 „
Muratische „	0,791 „	= 0,0433610 „
Kieselerde	0,333 „	= 0,0055991 „
Extraktivstoff	0,043 „	= 0,0055999 „
Eisenoxyd	0,333 „	= 0,043361 „
Kohlensäure	5,500 „	= 412,7918 ccm (freie und halbgebundene)

Spezifisches Gewicht des Wassers = 1,0009.

II. Die Analyse von C. A. Hoffmann.

In 20 Pfunden, das Pfund zu 32 Lot		In einem Pfund	Umrechnung auf 1000 ccm
Bittersalz	7 Gran	0,3500 Gran	0,0455747 g
Selenit	8 „	0,4000 „	0,0520853 „
Salzsaure Bittererde	3 „	0,1500 „	0,0195320 „
„ Kalkerde	6 „	0,3000 „	0,0390640 „
Kohlensaure Kalkerde	7 „	0,3500 „	0,0455747 „
„ Bittererde	3 „	0,1500 „	0,0195320 „
Kohlensaures Eisen	5 „	0,2500 „	0,0325533 „
Freie Luft oder Kohlensäure	62,5 Kub. Zoll rheinisch		= 117,2704 ccm (freie und halbgebundene)

Prof. Dr. Sonnenschein (Berlin) analysierte im Jahre 1874 nicht nur das Wasser des Gesundbrunnens (Nr. 85), sondern auch das der Schwesterquelle (Nr. 84). Ihm folgte im Jahre 1905 Dr. Popp (Darmstadt), der die letzten vorliegenden Analysen ebenfalls beider Quellen vornahm. Die Ergebnisse der Sonnenschein'schen und Popp'schen Untersuchungen in übersichtlicher Zusammenstellung sind unter III mitgeteilt.

III. Die Analysen von Prof. Dr. Sonnenschein und Dr. Popp.

	Gesundbrunnen		Schwesterquelle	
	auf 10 l Wasser			
	Sonnenschein 1874	Popp 1905	Sonnenschein 1874	Popp 1905
K_2O	0,072174	0,037764	0,059765	0,058316
Na_2O	0,142521	0,093655	0,058942	0,081301
CaO	0,760250	1,162367	0,894586	0,530456
MgO	0,113512	0,281981	0,092078	0,181939
FeO	0,094500	0,079500	0,002678	0,004455
MnO	0,006976	0,011320	0,000170	0,000376
M_2O_3	0,007513	0,003526	—	0,002762
SO_3	0,296591	0,336423	0,064893	0,120927
Cl	0,059472	0,94027	0,142578	0,088150
P_2O_5	0,010460	0,004899	0,001320	0,003838
SiO_2	3,006236	2,492653	1,679856	1,405435
CO_2	0,120000	0,127002	0,130000	0,106045
Organische Substanz	0,417500	0,287009	0,42000	0,200638

Ein Vergleich der Angaben des Gehaltes an gelösten Stoffen von 1874 und 1905 zeigt bei beiden Quellen beträchtliche Unterschiede innerhalb jeder einzelnen Substanz, die für CaO und MgO besonders groß sind. Während sich nämlich der Gehalt an Magnesia im Laufe der letzten 30 Jahre fast verdoppelt hat, ist der Wert für CaO bei der Schwesterquelle beinahe auf die Hälfte gesunken, beim Gesundbrunnen aber bedeutend gestiegen. Augenfällig ist

ferner, daß das Wasser der Schwesterquelle 1874 noch kein und 1905 0,002762 g pro 10 l Aluminiumoxyd führte. Derartige Erscheinungen könnte man hier vielleicht auf Fehler in den Analysen zurückführen wollen, indessen sind sie für alle Quellen, die durch meteorisches Wasser gespeist werden, kennzeichnend[8]).

Einige kalte Quellen des Fichtelgebirges sind daraufhin von A. Schwager bereits 1888 und 1889 ungefähr in derselben Zeit geprüft worden und ergaben schon bei einjährigem Untersuchungsabstande bedeutende Schwankungen in der Menge der gelösten Substanzen. Wichtig sind solche Feststellungen im Hinblick auf die Herkunft des Quellwassers.

Eduard Sueß, der die Unterscheidung des Quellwassers in juveniles und vadoses geprägt hat, und auch Gautier nehmen als Hauptcharakteristikum für das letztere die relativ erheblichen Differenzen bezüglich des gelösten Materials schon innerhalb kleinerer Zeiträume in Anspruch. Danach wären beide Wässer als vados anzusprechen, sowohl das des Gesundbrunnens, als auch dasjenige der Schwesterquelle. Für die Schwesterquelle muß dies umsomehr zutreffen, wenn man berücksichtigt, daß ihre Temperatur mit 7,9—8,1° mit der mittleren Jahrestemperatur der dortigen Gegend von 8° zusammenfällt, womit unzweifelhaft erwiesen ist, daß ihr Ausgangspunkt nur in geringer Tiefe liegen kann, und daß sie von meteorischem Wasser versorgt wird.

Noch ist ein zweiter Badeort im Untersuchungsgebiet zu nennen, nämlich das Stahlbad Rastenberg, in reizvoller Lage am Ausgangspunkt des nach Süden sich öffnenden Mühltales. Seine Quellen sind neuerdings zufolge eines Prozesses zwischen dem Magistrate der Stadt und Dr. Groß, dem Besitzer der Kuranstalt Finneck, sowohl in balneologischer wie auch in chemischer Hinsicht eingehend untersucht worden. Nachstehende Angaben darüber sind dem gerichtlichen Gutachten des Prof. Dr. Kionka-

8) Näheres, insbesondere Tabelle, siehe bei Stremme „Quellen" S. 20.

Jena über die Quellen im Mühltale zu Rastenberg (Jena, den 5. Januar 1902) entnommen. Die ihm beigegebenen chemischen Analysen sind eine Arbeit des Prof. Dr. Matthes-Jena[9]).

Die älteren Kurprospekte von Rastenberg zählen 5 Quellen auf, die sämtlich im Mühltale liegen. Es sind dies:

1. Der Gesundbrunnen, auch Krätz- oder Purgierbrunnen genannt, ein Schachtbrunnen, dicht am Eingang zum Mühltal, leicht kenntlich an einer alten Steinfassung.

2. Die Drei-Kaiserquelle, einige 100 m davon entfernt, zwischen Lossabach und Landstraße.

3. Der Brunnen der Krämermühle, ein Stück oberhalb, mit halbzerfallener Holzfassung.

4. Der Friedensborn oder die Segensquelle, auf einem mit Fichten bepflanzten Rundteil mit völlig zerstörter Steinfassung. Von hier aus führte früher eine Holzleitung, die jetzt stark beschädigt und demzufolge nicht mehr durchgängig ist, zum Grundstück der Badeanstalt Finneck.

5. Der Brunnen in Bad Finneck, in der Mühlrinne befindlich, die dicht neben der Radstube vorbeiläuft.

Bei Nr. 5 ist es sehr wahrscheinlich, daß das Wasser dem dicht vorbeifließenden Mühlenbach entstammt. Die Quellen 1 bis 4 sind vollständig verwahrlost und verschüttet, ein Abfluß ist bei keiner vorhanden; zahlreiche Sumpfpflanzen verdecken den Wasserspiegel; es fehlt jede Sicherheit, ob bei einer Wasserprobe das entnommene Wasser wirklich Quellwasser von dort ist. So schildert Prof. Dr. Kionka den Zustand der Quellen im Jahre 1911. Daß sie früher besser gepflegt worden sind, beweist der Umstand, daß das Wasser der Quellen Nr. 3 und 4 im Interesse des Bades früher von Prof. Dr. Ludwig-Jena analysiert wurde.

---

9) Die Einsichtnahme der Prozeßakten wurde mir durch die Liebenswürdigkeit des Herrn Bürgermeisters von Rastenberg gestattet, dem ich auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank dafür ausspreche.

Die bezüglichen Analysen mögen hier Platz finden:

I. Das Wasser des Brunnens in der Krämermühle (Quelle Nr. 3 der obigen Aufzählung):

Gelöste Substanzen 0,0604 g pro kg H_2O
Gehalt an zweifachkohlensaurem Eisenoxydul 0,0315 g (d. s. 10,00 g Ferro-Jonen)
Freie Kohlensäure 0,0604 g
Temperatur 15° C.

II. Das Wasser des Friedensbornes (siehe oben Quelle Nr. 4):

Gelöste Substanzen 0,2288 g
Gehalt an zweifachkohlensaurem Eisenoxydul 0,0219 g (das entspricht einem Gehalte von 0,07 g Ferro-Jonen)
Freie Kohlensäure 0,0359 g
Temperatur des Wassers 16,5° C.

III. Das Wasser des Brunnens im Kurhaus Finneck (unter Nr. 5 angeführt):

Analyse von Dr. Groß.
Trocken Rückstand (Gelöste Substanzen) 0,326 g
Gehalt an Eisenoxydul 0,0021 g (das ergibt 0,015 Ferro-Jonen).
Freie Kohlensäure — nicht bestimmt.
Temperatur 8°. Angabe der Außentemperatur fehlt.

Außer diesen 5 Quellen sind noch die sogen. Cleffer-Quellen anzuführen, die weiter oben im Mühltale entspringen und auf die das Kionka'sche Gutachten besonders tief eingeht. Beide sind auf der geologischen Spezialkarte (Blatt Buttstädt) eingesetzt und als Mineralquellen bezeichnet.

Die eine Cleffer-Quelle (in der weiter unten folgenden Analyse mit Nr. 1 gekennzeichnet), war im Jahre 1878 vom Verschönerungsverein Rastenberg gefaßt worden und trug eine darauf bezügliche Inschrift. Das Wasser entströmte einer Nische der Wand durch einen metallenen Löwenkopf und wurde

in einem Becken aufgefangen. Unmittelbar davor war ein neueres Bassin aus übereinander gesetzten Zementringen in den Boden eingesenkt, in das sich in nord-südlicher Richtung aus einem Rohransatz das Wasser der oberen Fassung ergoß. Ein zweites, etwa 25 m südlich gelegenes Becken nahm durch ein starkes Einlaufrohr von Osten her das Wasser der II. Clefferquelle und der sogen. Neuen Quelle auf. Hier wurde die Wasserprobe für die unter den Analysen mit Cleffer II bezeichnete Quelle entnommen. Seit Anlage der Wasserleitung für die Gemeinde Rastenberg im Jahre 1911/12 ist das Bild ein völlig verändertes. Die hübschen Sammelbecken sind verschwunden, ihre Stelle vertreten zwei in die Erde eingegrabene zementene Sammelbehälter, in die die Rohrleitung der Wasserversorgung ausmündet. Die Gesamtergiebigkeit der zwei, bezw. drei Quellen beziffert sich auf 208 cbm pro Tag, wovon ⅔ auf die Clefferquelle Nr. 1 und ⅓ auf die Clefferquelle Nr. 2 und Neue Quelle entfallen. Das Wasser beider unterscheidet sich in nichts von gewöhnlichem Trinkwasser. Reaktion beider schwach sauer. Freie Kohlensäure — nach Petenkofer untersucht — gar nicht, mit Phenolphtalein untersucht, in Spuren vorhanden. Diese Spuren von CO_2 erklären wahrscheinlich die schwachsaure Reaktion.

Die mineralischen Bestandteile, wie sie sich im Abdampfungsrückstand ausdrücken, sind folgende:

Cleffer I — 0,231 g
„ II — 0,249 g
} Bestandteile im l H_2O, also in beiden nicht ¼ g gelöster

davon überwiegt CaO — Calciumoxyd — mit 0,0727 g in Cleffer I und mit 0,0829 g in Cleffer II.

Beide führen auch größere Mengen Magnesia — MgO —.

Cleffer I — 0,02818 g
„ II — 0,03026 g.

Beide Erdalkalien sind offenbar in beiden Quellen an Schwefelsäure (SO_3) gebunden, wovon 0,10232 g pro Liter bei Nr. I und 0,1146 g pro Liter in Nr. II konstatiert wurden. Der geringe Gehalt an Chlor und Natrium deutet auf Spuren von Kochsalz. Organische Bestandteile enthalten beide Quellen nur

in geringen Mengen. Eisenoxyd ist weder in der einen noch in der andern Quelle enthalten. Auf Grund dieser Feststellungen beantwortet das Kionka'sche Gutachten die auch für den Geologen bedeutsame Frage: „Sind die beiden Clefferquellen als Mineralquellen anzusprechen?"

Chemiker und Balneologen bestreben sich seit längerer Zeit eine feste Definition für den Begriff „Mineralwasser" aufzustellen. Das Pharmakologische Institut der Universität Jena brachte auf der internationalen Hygieneausstellung in Dresden 1911 ein Tableau, das die Einteilung der Mineralquellen ihrer Zusammensetzung nach vorführt. Die Gruppierung hielt sich an folgende Grundsätze:

1. Mineralquellen sind solche, die mehr als 1 g mineralischer Bestandteile in 1 kg Wasser gelöst enthalten.

2. Schwächere Quellen sind nur dann Mineralquellen, wenn sie

a) eine Temperatur von mehr als 20° C besitzen (Acratothermen),

b) mehr als 1 g freier Kohlensäure in 1 kg Wasser führen (Säuerlinge),

c) oder wenn Hydrosulfid-Jonen nachweisbar sind (Schwefelquellen).

Für die Quellen am Cleffer trifft keine dieser Forderungen zu, folglich sind sie nicht als Mineralquellen zu bezeichnen. Betrachten wir unter diesem Gesichtswinkel noch die Analysen unter I und II von Prof. Dr. Ludwig-Jena und die unter III von Dr. Groß, so gelangen wir auch für diese drei Fälle zu demselben verneinenden Ergebnisse, so daß überhaupt keine der Quellen des Kurbades Rastenberg Anspruch auf die Bezeichnung „Mineralquelle" erheben kann.

Unter den in dem Wasser der Clefferquellen gelösten Bestandteilen stehen Calciumoxyd und Magnesia weitaus im Vordergrunde, nämlich es enthält

	Cleffer I	Cleffer II	
MgO	0,02818 g	0,03026 g	pro 1000 ccm
CaO	0,0727 g	0,0829 g	Wasser

Rechnet man diese die Härte bedingenden Substanzen auf deutsche Härtegrade (d. h. auf 100 000 ccm Wasser) um, so ergibt dies für Cleffer I 100 . 0,0727 g + 100 . 1,4 . 0,02818 g = 11,12° und für Cleffer II 100 . 0,0829 g + 100 . 1,4 . 0,03026 g = 12,53°.

Nach der Haupttabelle (Nr. 71 und 72) beläuft sich die Härte für Cleffer I auf 6,78 (nämlich $\frac{6{,}71 + 6{,}85}{2}$ Durchschnittswert beider Messungen) und für Cleffer II auf 8,41; das sind Differenzen gegen die vorige Berechnung von 4,34° bezw. 4,14°. Dieselbe Erscheinung kehrt wieder beim Gesundbrunnen in Bad Bibra (Nr. 85); die in der Popp'schen Analyse registrierten Mengen von CaO und MgO ergeben 15,54 deutsche Härtegrade, was eine Härtedifferenz von 15,54 — 10,25 = 5,29° bedingt. (Durchschnittswert $\frac{10{,}17 + 10{,}32}{2} = 10{,}25°$.) Zur Erklärung dieser erheblichen Unterschiede bleibt nur die Tatsache übrig, daß die in Frage stehenden Mengen CaO und MgO chemisch gebunden auftreten und durch die Clark'sche Seifenlösung nicht erst zu neutralisieren sind. Wieweit diese Erscheinung auch für die übrigen Quellen des Untersuchungsgebietes Geltung hat, läßt sich mangels chemischer Analysen nicht konstatieren.

Daß sich ihre Reichweite aber nicht auf alle dortigen Quellen ausdehnt, lehrt die Schwesterquelle Bad Bibra (Nr. 84). Hier ergibt die Umdrehung des CaO und MgO der Popp'schen Analyse 6,44° Härtegrade, ein Wert, der fast mit dem der Haupttabelle — 6,57° — übereinstimmt. Die geringe Abweichung von 0,13° fällt wenig ins Gewicht, wenn man sich durch einen Blick auf Tabelle III überzeugt, wie starken Veränderungen betreffs der Härtegrade diese Quelle unterliegt. Auch für die meisten anderen Quellen des Untersuchungsgebietes sind kleinere und teilweise größere Schwankungen im Gehalt an CaO ein Haupt-

merkmal. Das meteorische Wasser durchsickert auf seinem Wege durch die Erdkruste nur selten petrographisch einheitliche, sondern in den meisten Fällen verschiedenartig zusammengesetzte Schichten, so daß es ohne weiteres einleuchtet, daß viele Quellwässer Mischwässer darstellen. Das Wasser wird auch nicht immer auf seiner unterirdischen Wanderung denselben Lauf nehmen, sondern das feinmaschige Endnetz der Quelle, das sich mehr oder weniger tief in die Erdrinde hineinspinnt, erfährt eine fortgesetzte Verlegung einzelner Maschen. Namentlich bei den Kluftquellen des mittleren und unteren Buntsandsteins können auch bereits stärkere Wasseradern durch den auf kurze Strecken transportierten Ausräumungsschutt der durchflossenen Klüfte verstopft, die Wassermengen aufgestaut und infolge der dadurch erhöhten kinetischen Energie in bis dahin nicht durchströmte Horizontal- oder Vertikalspalten übergeleitet werden. Angesichts dieser Erwägungen wird man zugeben müssen, daß nicht nur die Härte des Wassers, sondern auch sein Gesamtgehalt an gelösten Substanzen bei jeder einzelnen Quelle gewissen Schwankungen unterworfen sein wird. Die Haupttabelle, die für alle Quellen des Untersuchungsgebietes zweimalige Bestimmungen des Gehaltes an CaO darbietet, bekräftigt das Ergebnis obiger Ueberlegungen. Nur bei den wenigsten Quellen haben beide Messungen dasselbe Resultat gezeitigt, vielmehr bilden durchschnittliche Schwankungen von 0,15—0,40° die Regel. Außerordentlich hoch stellt sich die Amplitude bei den Quellen Nr. 95 mit 2,35°, Nr. 90 mit 1,79°, bei Nr. 93 mit 1,56°, Nr. 91 mit 1,05°, Nr. 35 mit 0,91° und Nr. 84 mit 0,84°. Das sind ausnahmslos Wässer, die zuerst Löß von wechselnder Mächtigkeit, dann kluftigen Buntsandstein und schließlich diluviale Ablagerungen durchkreuzen, und gerade in der petrographisch so sehr unterschiedlichen Beschaffenheit dieser Schichten ist die teilweise Begründung der großen Härtedifferenzen zu suchen.

Längst nicht so erheblich ist die Amplitude bei den Quellen

des Hauptbuntsandsteins, wo bei Nr. 115 mit 0,92°, bei Nr. 36 mit 0,78° und bei Nr. 59 mit 0,67° ihre Höchstwerte erreicht werden. Außerhalb des Bereichs der vorliegenden Arbeit liegen genaue Angaben über die Härteschwankungen der Muschelkalkquellen, deren CaO-Gehalt sehr häufig 12° übertrifft, so daß die mit 12° abschließende Clark'sche Skala, die hier ausschließlich benutzt wurde, versagt. Man geht vermutlich mit der Annahme nicht fehl, daß auch diese Art von Quellen gewissen Härteschwankungen ausgesetzt ist.

Aber nicht nur bezüglich des in Quellwasser gelösten Calciumoxydes gibt die Haupttabelle Differenzen zwischen den beiden Bestimmungen wieder, sondern auch bei den Angaben über die Ergiebigkeit fallen die Ergebnisse der ersten und zweiten Messung nur bei einem kleinen Bruchteil der Wässer zusammen, so daß es naheliegend erscheint, nach Beziehungen zwischen Ergiebigkeit und Härte (gelösten Substanzen) zu forschen. Zweifellos hat die Menge des die Gesteine durchfließenden Wassers einen Einfluß auf den Grad, bis zu welchem sich das lösbare Material anreichert.

Von der Solquelle zu Artern an der Unstrut wird bereits aus dem Jahre 1845 berichtet, daß infolge einer starken Tauflut die Wassermenge, die sich sonst durchschnittlich auf 127,5 Kubikfuß für die Minute bezifferte, auf 400 Kubikfuß pro Minute stieg. Während aber die Sole vorher 3,25—3,7 prozentig war, zeigte sie nachher 4,07 % Chlornatrium[10]). In diesem Falle ist der Salzgehalt der Ergiebigkeit der Quelle direkt proportional.

Bei den Quellen 89 bis 93 der Haupttabelle besteht dieselbe Beziehung; denn die Menge der im Wasser enthaltenen Kalkteilchen nimmt bei verminderter Schüttung ab. Gerade umgekehrt lauten die diesbezüglichen Untersuchungsbefunde Schwagers, einige kalte Quellen im Fichtelgebirge betreffend. Die Abnahme der Wasserführung hatte bei allen beobachteten Quellen eine Minderung des Betrages an gelösten Substanzen

---

10) H. J. Haas, Quellenkunde, S. 37.

zur Folge. Ditzel[11]) ermittelte an Quellen in der Umgebung von Marburg gleichlautende Resultate und kommt auf Grund derselben zu folgender Schlußfolgerung: „Der wichtigste Faktor, der eine Aenderung der Härte bewirkt, ist ohne Zweifel die wechselnde Wasserführung der Quellen. Im allgemeinen zeigen die Quellen dann die geringste Härte (Mai), wenn ihre Ergiebigkeit am größten ist. Dies ist darauf zurückzuführen, daß eine größere Wassermenge, die rascher durch den Boden hindurchsinkt, weniger Stoffe auflösen kann als bei geringerer Ergiebigkeit eine langsamer fließende kleinere Wassermenge." Diese vier Beispiele mögen als Beweis dafür genügen, wie verschieden die einzelnen Untersuchungsergebnisse nach dieser Richtung hin sind. Um die Frage der Beziehung zwischen Ergiebigkeit der Quelle und Menge der im Quellwasser gelösten Substanzen einer weiteren Klärung entgegenzuführen, wurden vom 6./7. bis 10./8. allabendlich 7 Uhr an der Schwesterquelle Messungen der Ergiebigkeit und Härte ausgeführt, deren Ergebnisse in Tabelle 3 zusammengestellt sind. Die Schwesterquelle mußte außerordentlich geeignet für derartige Maßnahmen erscheinen, weil ihre Wasserführung erheblichen Schwankungen ausgesetzt ist. Die Tabelle zeigt eine schrittweise Abnahme in den täglichen Ergiebigkeiten, die im Laufe der 36 Messungen von 0,072 sec/l auf 0,056 sec/l herabsinken, so daß also die Schüttung der Quelle um 22,22 % nachgelassen hat. Für die Härtebestimmungen geben die ersten 31 Messungen ein ähnliches Bild, denn der Gehalt des Wassers an CaO nimmt allmählich von 6,71° auf 6,09° oder um 9,24 % ab. Von da ab verbindet sich mit weiterfallender Ergiebigkeit eine Steigerung der Härtegrade, die sich bei den letzten 6 Messungen von 6,09° bis 6,63° erheben, so daß in diesen wenigen Tagen die ursprüngliche Härte von 6,71° beinahe wieder erreicht wurde. Während also in den ersten sechs Siebenteln der Beobachtungsreihe die Härte der Ergiebigkeit direkt proportional ist, tritt für das letzte Siebentel

11) Quellenstudien aus der Umgebung von Marburg, Dissertation, Marburg 1905, S. 31.

eine Umkehr der Beziehung zwischen den beiden Faktoren ein. Um diesen merkwürdigen Wechsel aufzuklären, muß man sich erinnern, daß die Schwesterquelle eine der Schichtquellen des mittleren Buntsandsteins ist, die sich sämtlich aus zahlreichen Gerinseln zusammensetzen, welche erst beim Austritt der Quelle einen mehr oder weniger einheitlichen Wasserstrahl ergeben. Die fortgesetzte Minderung der Ergiebigkeit ist dann so zu deuten, daß einzelne quellbildende Adern wasserärmer werden oder völlig versiegen. Aus dem eigenartigen Bau solcher Quellen folgt aber des weiteren, daß das austretende Wasser durchaus den Charakter des Mischwassers trägt. Jedes der zahlreichen Gerinne läuft seinen eigenen Weg und führt der Quelle Wasser mit einer spezifischen Härte zu, die der Länge des zurückgelegten Laufes und der Zusammensetzung der durchflossenen Schichten — die im allgemeinen innerhalb einer Formation wie der des Hauptbuntsandsteins nicht sehr variieren werden — entspricht. Lassen einzelne Gerinne, die weicheres Wasser zubringen, im Wassertransport nach, oder versiegen sie völlig, so muß sich dieser Wasserverlust in einer Mehrung der Härtegrade im Gesamtausfluß der Quelle äußern. Das Gesamtergebnis der Härtebeobachtungen an der Schwesterquelle in Bibra läßt sich dahin fixieren, daß die abnehmende Wasserführung einer Quelle sowohl stärkend als auch schwächend auf den Härtegehalt einwirken kann.

Keineswegs aber ist es angängig, eine Regel zu konstruieren, welche die Beziehung zwischen Härte und Ergiebigkeit als direkt proportional auffaßt; vielmehr wird namentlich hinsichtlich solcher Quellen, die Mischwässer führen, nicht selten der Fall der umgekehrten Beziehungen vorliegen.

3.

Die Radioaktivität des Quellwassers.

Das Quellwasser verdankt seine Radioaktivität hauptsächlich dem Gehalte an gasförmiger Emanation, dem Zerfallsprodukte des Radiums. Erst in zweiter Linie wird die Aktivität durch radioaktive Salze verursacht, die viel seltener und dann nur in geringen Spuren im Wasser gelöst sind. Schüttelt man frisch entnommenes Quellwasser tüchtig um und vermischt es dadurch mit atmosphärischer Luft, so entweicht die Emanation und ionisiert die Luft, die sie durchstreicht. Man setzt den Grad der durch das radioaktive Gas bewirkten Ionisation der Luft dem Gehalte des Quellwassers in Emanation direkt proportional, so daß man durch Messen des ersteren ein einfaches Mittel zur Ermittlung des letzteren an der Hand hat. Mit dem Fontaktoskop von C. Engler und Sieveking, in reduzierter Größe nach Kohlrausch und Loeventhal, läßt sich die Bestimmung des Emanationsgehaltes in einfacher Weise durchführen, weil das Instrument das Austreiben der Emanation durch Umschütteln des Quellwasers in einer etwa zum 4. Teile damit gefüllten Zinkkanne und das Messen der dadurch bewirkten elektrischen Leitfähigkeit der Luft mit Hilfe eines auf jede Kanne aufgesetzten Elektroskopes miteinander vereinigt. Die ermittelten Resultate sind in Macheeinheiten, der jetzt wohl allgemein üblichen Maßeinheit für die Radioaktivität, angegeben. Im absoluten Maßsystem versteht man unter einer Mache-Einheit nach dem Vorschlage von Mache und Meyer die Stärke desjenigen Sättigungsstromes in elektrostatischen Einheiten, den die in 1 Liter Wasser enthaltene Emanation zu unterhalten vermag.

Dem Gange der Bestimmung des Emanationsgehaltes eines Quellwassers folgend, bietet die Haupttabelle unter der Ueberschrift Radioaktivität 4 Unterspalten, nämlich für 1 den Normalverlust, 2 den Gesamtvoltabfall auf Grund des jeweiligen Versuches, 3 den Spannungsabfall nach Abzug des Normalverlustes und 4 den definitiven Wert der ermittelten Radioaktivität in Mache-Einheiten. Da nicht alle Emanation dem Wasser entweicht, vielmehr ein gewisser, wenn auch kleiner Bruchteil

zurückbleibt, und ferner infolge der geringen räumlichen Ausdehnung der Kanne die radioaktive Strahlung der Emanation nicht voll zur Geltung kommt, so benötigt man einer Korrektion der Resultate, um beide Mängel in angemessener Weise auszugleichen. Für das benutzte Instrument stellt sich der dadurch notwendige Korrektionsfaktor auf 1,47, der bei den Werten in Spalte 4 bereits verrechnet ist. Die Angaben über den Normalverlust haben in der Tabelle Aufnahme gefunden, weil sie ein nicht uninteressantes Bild über den Verlauf der einzelnen Bestimmung bieten. Sehr hohe Normalverluste ergaben fast ausnahmslos während der ganzen Dauer der Beobachtungen die Versuche mit Kanne II, so daß überall in der Haupttabelle die hohen Zahlenwerte der Spalte I à conto dieser Tatsache fallen. Auch ein Auskochen des fraglichen Gefäßes mit Regen- oder Bachwasser, das infolge eines mehrere kilometerlangen Laufes fast völlig entaktiviert sein mußte, hatte nur vorübergehende Wirkung. Die bei weitem größte Zahl der Bestimmungen wurde wegen dieser Erfahrung mit Kanne I ausgeführt. Wie unterschiedlich sich die Höhe des Normalverlustes beim Gebrauch beider Kannen stellte, lehren wohl am deutlichsten die folgenden Versuche, die lediglich derartige Bestimmungen, die unter sonst gleichen Bedingungen in zeitlich engster Aufeinanderfolge vorgenommen wurden, zum Gegenstand hatten.

		Normalverlust			
		Kanne I		Kanne II	
8. 8. 1913	vormittags	7,10— 7,40	13,6	7,42—8,12	21,4
	mittags	12,28—12,58	12	1,01—1,31	18,6
	nachmittags	6,30— 7,00	19,6	7,02—7,32	32,6

Der Himmel war bei diesen Versuchen tagsüber bewölkt, ohne daß Regen fiel, und klärte sich nachmittags gegen 5 Uhr auf. Die verhältnismäßig unbedeutenden Schwankungen, wie sie der Verlauf des Normalverlustes für jede Kanne innerhalb einer Zeit von 12 Stunden hier widerspiegelt, erklären sich damit, daß infolge des bedeckten Himmels der Einfluß der Sonne auf die Ionisation der atmosphärischen Luft fast für die ganze

Beobachtungsdauer ausfällt. Wenn die Messung abends um 7 Uhr in beiden Fällen ein Ansteigen des Normalverlustes notiert, so tritt hierdurch zweifellos eine Abhängigkeit von der Insolation in die Erscheinung, eine Annahme, die durch Betrachtung des Spannungsabfalls in der Luft während eines Tages mit klarem Himmel und ununterbrochenem Sonnenschein zur Gewißheit wird. Ein kleiner Normalverlust am frühen Morgen, allmähliches Ansteigen bis zu einem Maximum gegen 3 bis 4 Uhr nachmittags und schrittweises Abfallen mit dem Nahen des Abends, ohne daß gewöhnlich der Tiefstand des Morgens erreicht wird, ist typisch für die Kurve des Normalverlustes an solchen Tagen.

Im engsten Zusammenhange mit den soeben dargestellten Ursachen des täglichen Verlaufes der Ionisation der Atmosphäre steht die Gestaltung des Normalverlustes während der 4 Jahreszeiten. Schon im Frühling und Herbst zeigen die täglichen Schwankungen unter sonst gleichen Bedingungen eine geringere Amplitude als im Sommer. Bei den zuerst ausgeführten Messungen, die in die letzten Märztage fielen, finden sich allerdings schon beträchtliche Schwankungen, was sofort einleuchtet, wenn die für jene Jahreszeit außerordentlich hohe Lufttemperatur von teilweise 15 und mehr Grad in Betracht gezogen wird.

Im allgemeinen ist es gut, das Fontaktoskop während des Versuches nicht der Sonnenbestrahlung auszusetzen. Nur diesem Versehen kann es zugeschrieben werden, wenn bei einzelnen wenigen Bestimmungen der Normalverlust merklich größere Zahlenwerte ergab als die anschließende Messung des Emanationsgehaltes des betreffenden Quellwassers. In solchen Fällen bleibt nichts übrig, als den Versuch zu anderer Zeit zu wiederholen und das Fontaktoskop so aufzustellen, daß es nicht direkt von den Sonnenstrahlen getroffen wird. Eine ziemlich erhebliche Steigerung erfährt der Normalverlust bei Gewitterneigung und einsetzender Gewitterbildung. Die hohe elektrische Spannung der atmosphärischen Luft bedingt einen schnelleren Abfall der Elektroskopblättchen

im Fontaktoskop. Die Spannungszustände der Luft sind unter solchen Umständen zu hohe und dabei häufig wechselnde, daß die Genauigkeit der Radioaktivitätsbestimmung sehr in Frage gezogen wird. Janfmann stellte bereits im Jahre 1905 fest, daß der Regen ungleich aktiv und der Emanationsgehalt im Gewitterregen besonders reichlich ist[12]). Seine Versuchsergebnisse lassen sich ohne Not dahin auslegen, daß nicht nur eine Abhängigkeit der Aktivität des meteorischen Wassers von dem Ionisationsgrade der Luft besteht, sondern auch eine Beeinflussung des Quellwassers nach dieser Richtung hin angenommen werden muß. Um daher vor größeren Fehlern sicher zu sein, ist es ratsam, unter solchen Verhältnissen die Messungen auszusetzen.

Auf die Genauigkeit der Ergebnisse ist es ferner von Einfluß, daß das zu untersuchende Quellwasser so nahe wie möglich am Austritt der Quelle entnommen wird. Da die Emanation ein Gas ist, entweicht sie in einem offenen Wasserlaufe und wird der atmosphärischen Luft mitgeteilt. Schon hundert Meter unterhalb des Quellortes gewinnt man einen wesentlich abweichenden Wert für die Aktivität. Bei Quelle Nr. 93 zeigte beispielsweise das direkt vom Quellaustritt stammende Wasser 0,66 M. E., dagegen hatte eine etwa 100 Meter abwärts aus dem den Abfluß der Quelle bildenden Bächlein geschöpfte Wasserprobe nur 0,49 M. E. Die Größe der transportierten Wassermenge und die Stärke des Gefälles sind bestimmend für den Grad der Abschwächung des Emanationsgehaltes; denn von beiden hängt es ab, in welchem Maße das Wasser mit der Luft vermischt wird.

Beim Einschöpfen des Wassers muß Sorge getragen werden, daß es möglichst ohne Verunreinigung in die Kanne gegeben wird. Vor allem soll die Wasserprobe frei sein von schlammigen Bestandteilen und den sedimentären Ausscheidungen, die nicht selten am Austritt der Quelle zu finden sind, da in ihnen bei vielen Quellen Radiumsalze nachgewiesen werden konnten. Ein

12) Meteorologische Zeitschrift, XXII (1905) pag. 102.

interessantes Beispiel dafür sind die Sedimente der Kreuznacher Quellen, deren Radiumgehalt so bedeutend ist, daß daraus hochradioaktive Salze gewonnen werden[13]). Auch die Prüfung des Sinters am Gesundbrunnen in Bad-Bibra (Haupttabelle Nr. 85) ergab ein wenn auch geringes, so doch noch recht gut nachweisbares Vorkommen von Radiumsalzen (dazu siehe weiter unten die Ausführungen über die Radioaktivität dieser Quelle.)

Die gasige Natur der Emanation hat zur Folge, daß Luftströmungen ablenkend auf die Richtung des dem Wasser entsteigenden Gases einwirken. Es ist darum begreiflich, daß bereits bei mäßigem Winde die Messungen mit dem Fontaktoskop an Genauigkeit verlieren, wenn nicht durch irgend eine Vorrichtung die störende Wirkung der Luftbewegung eliminiert wird. Ein eigens zu diesem Zwecke hergerichteter Windschutz, der bequem am Instrument zu befestigen ist, dirigiert die Emanation ohne Verlust in das Fontaktoskop. Aber die Benutzung des aus einer eisernen Kapsel bestehenden Schutzes hat infolge der induzierten Elektrizität eine teilweise so kräftige Steigerung des Normalverlustes im Gefolge, daß häufig die Brauchbarkeit des Experimentes in Frage gestellt wird. Auf alle Fälle verdient im Hinblick auf die Exaktheit der Messung das Arbeiten ohne den metallenen Windschutz des Apparates den Vorzug. Wo irgend möglich, suche man daher unter der windabgekehrten Seite eines Hauses oder eines Holzstoßes im Walde oder unter Aufstellung einer primitiven Schutzwand (ausgespanntes Wettercape) die Versuche vorzunehmen.

Als nahezu selbstverständlich wäre noch anzuführen, daß eine Kanne, die mit stark radioaktivem Quellwasser gefüllt war, nicht unmittelbar darauf für eine neue Messung benutzt werden darf. Die durch die Wände absorbierte Strahlung würde ein wenig aktives Wasser so bedeutend beeinflussen, daß die Messung ein zweifellos zu hohes Resultat ergeben müßte.

---

13) Näheres siehe Delkeskamp (Zeitschrift für praktische Geologie 1909, pag. 435).

Eine mehrstündige Pause im Gebrauch der Kanne, kräftiges Ausspülen mit inaktivem Wasser (am besten Regenwasser, das längere Zeit gestanden hat) oder sogar Auskochen mit ebensolchem Wasser sind Mittel, um die Kanne für einwandfreie Versuche wieder verwendungsfähig zu machen.

Erst wenn alle soeben dargelegten Vorsichtsmaßregeln beachtet und sämtliche störenden Nebenwirkungen möglichst ausgeschaltet sind, sowohl bei der Ermittlung des Normalverlustes wie auch bei der Bestimmung der Aktivität, kann man mit einiger Sicherheit auf zuverlässige Messungsergebnisse rechnen. Wie durch zahlreiche Bestimmungen der Radioaktivität an Eruptiv- und Sedimentgesteinen aus der Nähe von Montreal von Mc Intosch und Stutts von Eve[14]), muß es als zweifelsfrei angesehen werden, daß der Emanantionsgehalt der Quellwässer in den Nebengesteinen seinen Ursprung haben kann. Es erscheint daher ratsam, die Frage der Radioaktivität der Quellen für das vorliegende Untersuchungsgebiet so zu erörtern, daß die geologischen Formationen als Wegweiser dienen. Unter diesem leitenden Gesichtspunkte wären auf Gehalt an Emanation zu betrachten die Quellen 1. des Unteren Buntsandsteins, 2. des Hauptbuntsandsteins und 3. des Muschelkalkes.

Die 13 auf Radioaktivität untersuchten Quellen des Unteren Buntsandsteins, von denen 2 auf die Schrecke und 11 auf den Nordostabhang der Finne entfallen, sind dadurch charakterisiert, daß bei ihnen eine Aktivität von 0,69 bis 0,99 M. E. die Regel darstellt. Nur 3 Quellen übersteigen diese Werte, nämlich Nr. 50 mit 1,03 M. E., Nr. 21 mit 1,08 und Nr. 61 mit 1,43 M. E. Das ergibt einen Mittelwert von 0,92 M.E., oder, wenn man die drei Höchstangaben, als nicht für die Mehrzahl der Wässer des Unteren Buntsandsteins maßgebend, außer Rechnung setzt, von 0,84 M. E. Beide Durchschnittswerte stimmen sehr gut überein mit der bei verschiedenen anderen Buntsandsteinquellen gefundenen Radioaktivität, z. B. Hemkratsche Quelle in Marbung 1,0 M.E. oder Quelle in Ramlose-Schweden 0,78

14) Philosophical Magazine, 6 Ser. Bd. C L I (1907), pag. 231.

M. E. Von sämtlichen Wässern des Unteren Buntsandsteins führt die Oelholzquelle in Allerstedt (Nr. 52) mit 0,69 die wenigste Emanation, während die Quelle im Gutspark von Hechendorf (Nr. 61) mit 1,43 M. E. das Maximum repräsentiert. Der letztere Wert beträgt immerhin beinahe das Doppelte des ersteren, eine Tatsache, die umsomehr verwundern muß, weil die eingehende Betrachtung beider Quellen, namentlich in geologischer Beziehung eine weitgehende Uebereinstimmung lehrt. Wohl liegen beide in der Luftlinie gerechnet 5000 m von einander entfernt; aber beide treten nicht direkt aus dem Unteren Buntsandstein aus, sondern sind durch Schutt talwärts verlegt, sodaß sie bereits aus dem Diluvium herauskommen; die völlig gleichgearteten Sandsteinmassen ihrer Einzugsgebiete durchsetzen 3 Rogensteinzonen von annähernd gleicher Mächtigkeit. Das Nährgebiet ist in beiden Fällen mit gemischtem Wald bedeckt, auch die Niederschlagsmengen der fraglichen Gebiete bewegen sich in derselben Größenordnung. Wenn trotzalledem so beträchtliche Differenzen in der Radioaktivität der zur Erörterung stehenden Wässer vorliegen, so folgert daraus offensichtlich, daß die Beziehungen zwischen dem Gesteinscharakter der durchflossenen Schichten, der Beschaffenheit des Nährgebietes und den meteorologischen Faktoren auf der einen Seite und dem Emanationsgehalte des Quellwassers auf der anderen Seite recht komplizierter Natur sein müssen. Jede Quelle ist ein Individuum, das trotz oft recht zahlreicher verwandter Züge mit anderen unter nur ihm eigenen Bedingungen besteht und nach einem spezifischen Mechanismus funktioniert. Nur so wird es erklärlich, daß selbst wenige Meter von einander entspringende Wässer hinsichtlich ihrer Aktivität sehr stark differieren. Auf diese Erscheinung, die besonders auffällig bei einzelnen Quellen des Hauptbuntsandsteines im Beobachtungsgebiete hervortritt, wird später bei Diskussion derselben zurückzukommen sein. Die bei weitem größte Zahl der auf Radioaktivität geprüften Quellen der Hohen Schrecke und der Finne gehört dem Hauptbuntsandstein an. Nur auf der Schmücke stehen die Muschel-

kalkquellen im Vordergrunde. Auf der Hohen Schrecke wurden im ganzen 10 Quellen auf Radioaktivität untersucht, davon brechen 8 aus Klüften des Mittleren Buntsandsteins hervor. Ihr Emanationsgehalt bewegt sich zwischen 0,44 und 0,84 M. E. und ergibt einen Durchschnittswert von 0,61 M. E. Ein Vergleich mit dem für die Quellen des Unteren Buntsandsteins errechneten Mittelwerte lehrt, daß die letzteren durchweg reicher an Emanation sind. Mehr noch wird diese Tatsache ersichtlich durch Gegenüberstellung der Höchst- und Niedrigstwerte für beide Formationen; während die Wässer des Unteren Buntsandsteins nach unten mit 0,69 M. E. und nach oben mit 1,43 M. E. abschließen, weisen diejenigen des Mittleren Buntsandsteins der Schrecke 0,44 und 0,84 M. E. als Gegenwerte auf, Genau dieselben Verhältnisse kehren wieder auf dem dem Hauptbuntsandstein zugehörigen Teile des Flügels der Schmücke, der sich ostwärts von dem Passe von Burgwenden ausdehnt und innerhalb derselben Formation auf einer breiten Zone der Finne, die die unmittelbare Fortsetzung der beiden vorigen Höhenzüge nach ihrem Zusammentreffen darstellt und sich etwa um die Linie Wiehe, Lossa, Bachra erstreckt. Die Radioaktivität der 6 Quellen des Hauptbuntsandsteins im Bereiche der Schmücke schwankt zwischen 0,35 und 0,84 M. E., wogegen der in Frage stehende Teil der Finne durch Quellen mit einem Emanationsgehalte von 0,35 bis 0,85 M. E, gekennzeichnet ist. Es ist zweifellos ein hochinteressantes Merkmal für die Wässer dieser drei Gebiete des Mittleren Buntsandsteins, daß sich die Höchstwerte ihrer Aktivität mit 0,84 bezw. 0,85 M. E. auf derselben Höhe halten. Bei den durchaus gleichartigen Lagerungsverhältnissen der Schichten und ihrer völlig übereinstimmenden petrographischen Ausbildung wäre es trotzdem verfehlt, dieses Ergebnis als unbedingt notwendig erwarten zu wollen. Ein Hinweis auf die bereits erörterten Quellen des Unteren Buntsandsteins mag an die Möglichkeit des Gegenteils erinnern. Was die Abweichung im Emanationsgehalt der Quellen der beiden unteren Glieder der Buntsandsteinformation zugunsten des älteren betrifft, so wird die Begründung darin zu finden sein, daß die Wässer des

letzteren bedeutend mächtigere Gesteinsmassen vor ihrem Austritt zu passieren haben, als die des ersteren, die ausnahmslos sehr flach herauskommen. Dazu kommt noch, daß der Gesteinscharakter der tieferen Schichten insofern einen veränderten Befund bietet, als hier mehrere Rogensteinbänke kalkiger Natur die an sich festeren Sandsteinmassen durchdringen. Aehnliche Erwägungen waren bereits erforderlich, um die verschiedene Härte der zur Erörterung stehenden Quellen verständlich zu machen, sodaß es naheliegend erscheint, einen gewissen Parallelismus zwischen Härte und Radioaktivität für die Buntsandsteinquellen zu konstruieren. So liegen beispielsweise die Laubbachquelle (Nr. 23) und der Riedborn (Nr. 21) beide am Südabhang der Hohen Schrecke in einer Höhe von 270 bezw. 180 m. Da nun für beide Quellen nur der dichtbewaldete Kamm der Hohen Schrecke als Nährgebiet in Betracht kommt, so ist es außer Zweifel, daß das den Riedborn speisende Wasser Schichtenfolgen von einer 90 m stärkeren Mächtigkeit durchrinnen muß, bevor es zutage tritt, als dies bei der Quelle des Laubbaches der Fall ist. Es liegt kein Grund vor, der daran hindert, den reicheren Emanationsgehalt des Riedborns (1,08 M. E.) mit der verstärkten Mächtigkeit und der größeren Mannigfaltigkeit der Gesteinsschichten seines Einzuggebietes zu erklären. Die Härte beider Quellen — Riedborn 7,83°, Laubbachquelle 4,52° — ist in demselben Sinne wie die Aktivität entwickelt.

Gegen die soeben besprochenen Quellen des Hauptbuntsandsteins hebt sich eine 2. Gruppe derselben Formation dadurch scharf ab, daß sie meist höher aktive Wässer führt. Hierzu zählen die Quellen in der Umgegend von Rastenberg, Steinburg und Bad-Bibra. Das Quellgebiet der zuletzt genannten Stadt nimmt nicht allein für den Hauptbuntsandstein, sondern für alle geologischen Formationen des vorliegenden Untersuchungsgebietes eine Sonderstellung ein, weil die Radioaktivität der dortigen Quellen zum Teil weit über die aller übrigen hinausgeht. Nicht alle im steilhängigen Bibertale, das sich direkt oberhalb der Stadt Bibra, den Saubach hinaufsteigend, bis zum Dorfe Saubach fortsetzt, untersuchten Quellen haben auch nur an-

nähernd denselben Gehalt an Emanation. Die beträchtlichen Unterschiede zeigen sich am klarsten durch Gegenüberstellung der Grenzwerte, die mit 8,79 M. E. (Nr. 98) und 0,60 M. E. bei Nr. 96 gegeben sind. Von den 17 diesen beiden Tälern entströmenden Wässern (Nr. 83—99), wobei das Bohrloch bei der Leitholdschen Mühle — Thalwinkel — mitgezählt ist, haben die Nummern 83, 84, 89, 91, 96 und 99, also im ganzen 6 eine Radioaktivität von weniger als einer Mache-Einheit, sodaß sie sich kaum von den weiter oben behandelten Quellen des Hauptbuntsandsteins unterscheiden. Daran schließt sich eine 2. Gruppe, die Nummern 85, 88, 90, 92, 93, 94 und 95, also 7, mit 1 bis 2 M. E. und schließlich folgt eine dritte, die Nummern 86, 87, 97 und 98 — also 4 — umfassend, die mit 4 bis fast 9 Einheiten an der Spitze aller Quellen des gesamten Untersuchungsgebietes marschiert. Die geologischen Verhältnisse liegen für sämtliche 17 Quellen ziemlich klar, da sie Sandsteinmassen des Mittleren Buntsandsteins entfließen, die reichlich von dünnen tonigen und mergeligen, unter sich nicht zusammenhängenden Schichten durchgliedert und deren wasserführende Fugen und Klüfte durch Erosion angeschnitten sind. Nur die Hänge der Täler tragen teilweise Wald, wogegen die ausgedehnten Flächen des sich oben anschließenden Plateaus infolge der stellweise recht hohen Lößbedeckung dem Ackerbau nutzbar gemacht wurden, sodaß auch im Nährgebiet sämtlicher Quellen eine große Uebereinstimmung hervortritt. Freilich läßt gerade die Lage der 4 höchstradioaktiven Quellen eine genaue Prüfung der Quellaustritte und der dort ausstreichenden Gesteine und Schichtenfolgen nicht zu, da alle 4 mit Steinfassungen versehen sind und ihre nächste Umgebung teils von Häusern, teils von einer gepflasterten Landstraße überkleidet ist. Einigermaßen übersichtlich stellt sich der geologische Befund noch bei Nr. 98 dar, die den Maximalgehalt an Emanation führt. Wenige Schritte oberhalb des Dorfgasthofes von Thalwinkel, dicht an dem nach Osten abfallenden Rande der Chaussee steht eine eiserne Pumpe, die sich auf einem 1,50 m tiefen steinernen Sammelbecken erhebt, in das diese Quelle ihr Wasser ergießt und das als Reservoir für das einige

Meter davon entfernte elektrisch betriebene Pumpwerk der Wasserleitung dient. Jenseits der Chaussee streben die nur von dürftiger Vegetation überzogenen Buntsandsteinmassen, die aus rötlichen und weißlichen, von roten und grünen Mergeltonen unterbrochenen Sandsteinbänken zusammengefügt sind, steil bis ca. 120 m über die Sohle des Tales empor. Ihr schwaches, nach Südosten gerichtetes Einfallen, sowie die absteigende Wasserführung der Quelle lassen keinen Zweifel darüber, daß letztere aus diesem Gebiet ihr Wasser bezieht. Ihre Radioaktivität mit 8,79 M. E. bildet einen ziemlich scharfen Gegensatz zu der nur 1,95 M. E. führenden Quelle Nr. 95, die unter den nämlichen Bedingungen kaum 500 m talaufwärts entspringt und von demselben Plateau gespeist wird. Es ist schwer, eine plausible Erklärung für eine derartige Differenz in der Aktivität zu finden.

Der vorliegend besprochene Fall wiederholt sich im Dorfe Thalwinkel noch einmal und zwar auf derselben Seite des Biberbaches, wo dicht am Bachlaufe, unter diesem hinweg ihren unterirdischen Weg nehmend, zwei Quellen — Nr. 97 und 99 — entspringen. Nr. 97 kommt unmittelbar an der Moritzschen Mühle heraus und hat eine Aktivität von 4,8 M. E., wogegen Nr. 99, die neuerdings für eine Wasserleitung für das Dorf Golzen in Anspruch genommen werden soll, im Wirtschaftshofe derselben Mühle in einer räumlichen Distanz von kaum 25 m von der ersteren zutage tritt und nur 0,58 M. E. zeigt. Dieses Beispiel führt deutlich vor Augen, daß größere Differenzen im Emanationsgehalt selbst zweier engbenachbarten Quellen möglich sind. Ein Erklärungsversuch auf Grund der geologischen Verhältnisse der Quellaustritte und deren weiterer Umgebung stößt auch hier schon deswegen auf Schwierigkeiten, weil bebautes Gelände, das die ursprüngliche Gesteinslage verhüllt, vorliegt. Soweit eine nähere Untersuchung durchführbar war, zeigten sich in der Lagerung und petrographischen Zusammensetzung der Schichten keinerlei Strömungen und Unterschiede, die den Schlüssel zum Verständnis dieser Eigenart bilden könnten.

Noch ein drittes Beispiel für die sehr stark von einander

abweichende Aktivität der Quellen des Bibertales, nämlich die Nr. 85 und 87, möge hier Erwähnung finden. Beide Quellen liegen innerhalb der Stadt Bibra auf dem rechten Ufer des Biberbaches, kaum 50 m voneinander entfernt und doch differiert ihr Emanationsgehalt nicht unwesentlich voneinander, wenn Nr. 85 nur 1,33 und Nr. 87 dagegen 5,48 M. E. aufweist. Auch hier läßt sich wegen der dicht mit Häusern besetzten nächsten Umgebung der Quellen nur aus dem Schichtenverlaufe des näheren und weiteren Umkreises der Stadt die Vermutung herleiten, daß bezüglich der petrographischen und geologischen Verhältnisse beider Quellen völlige Uebereinstimmung herrscht.

Aber diese Gleichartigkeit gilt nicht nur für die beiden Quellen innerhalb eines Beispiels, sondern auch für die drei Fälle untereinander. Ferner könnte man, wie ein Blick auf die Haupttabelle (Nr. 83 bis 99) bestätigt, das Material nach beiden Richtungen hin leicht vermehren.

In wie hohem Maße sich Widersprüche an den Emanationsgehalt von Quellen, die nahe beieinander zutage kommen, knüpfen können, haben bereits im Jahre 1905 Untersuchungen von Baltwoods an heißen Quellen in Arkansas dargetan[15]). Auf einer schmalen Zone von ca. 450 m Länge sind dort 50 Quellen zusammengedrängt, die aus stark gefalteten Sandsteinen und Schiefern des Silurs ausmünden. Bezüglich ihrer chemischen Eigenschaften ähneln sich alle diese Quellen, während ihre Temperatur von 35 ° bis 64 ° C, und die Menge der festen Bestandteile von 170 bis 310 Teilen, bezogen auf 1 000 000 Teile Wasser, schwankt. Ihre Radioaktivität hält sich zwischen 0,5 und 265,6, „ausgedrückt in der Zahl der Gramme Uran, die in einem Wasser die gleichwertige Wirkung erzeugen." Vor die Frage gestellt, Beziehungen zwischen Temperatur, Gehalt an festen Bestandteilen, Ergiebigkeit, Radioaktivität und örtlicher Lage aufzudecken, ergab sich, daß diese, sofern überhaupt ihr Vorhandensein angenommen werden darf, nur höchst verwickelter Art sein können. Die vorhin erörterten Quellen im Biber-

15) Amec. Journ. of science 1905, pag. 128.

tale bestätigen diese Ansicht in vollem Umfange, wenngleich sich die Gegensätze nicht in so grotesken Formen bewegen wie bei denjenigen in Arkansas. Es muß daher als unwahrscheinlich gelten, daß irgend welche Gesetzmäßigkeit im Auftreten radioaktiver Quellen besteht.

Die mannigfaltige Gestaltung des Emanationsgehaltes der Quellen des Bibertales erfährt eine neue Beleuchtung durch die Betrachtung der Quellen Nr. 86 und 87, die nur ca. 60 m voneinander entfernt entspringen und dabei eine überraschende Gleichwertigkeit bezüglich der Radioaktivität bekunden. Beide Wässer, das des Brauhausbrunnens (Nr. 86) mit 5,72 M. E. und das der Quelle im Göhleschen Gehöft (Nr. 87) mit 5,48 M. E., weichen von den ihnen oberhalb und unterhalb im Bibertale benachbarten Quellen beträchtlich ab. Wenn ihre Aktivitäten unter sich aber ziemlich gut übereinstimmen, so muß das umsomehr frappieren, weil sonst auf der ganzen Länge des Tales völlige Regellosigkeit obwaltet. Man wird namentlich mit Rücksicht auf die räumliche Nähe der Quelleaustritte für die Gleichartigkeit der Entstehungsorte und weitgehende Gleichheit in der petrographischen und geologischen Gestaltung der Wege, die beide Wässer vor ihrem oberflächlichen Erscheinen durchströmen, anzunehmen geneigt sein. Erheblich an Wahrscheinlichkeit gewinnt diese Annahme dadurch, daß beide Quellen fast dieselben Temperaturen, 8,9 ° bezüglich 8,7 ° und ähnliche Härteverhältnisse, 10,77 ° bezw. 11,38 ° zeigen. Sie wird schließlich zur Gewißheit, wenn der Nachweis gelingt, daß bei beiden dieselbe Art der Emanation, nämlich Radium oder Thoriumemanation oder ein gleichteiliges Gemisch beider Substanzen vorliegt. Diese Feststellung läßt sich durch Bestimmung der Abklingung ermöglichen, die im Nachstehenden ausgeführt ist.

Alle radioaktiven Stoffe sind nach der gegenwärtig geltenden Rutherfordschen Theorie einem ununterbrochenen Umwandlungsprozesse unterworfen, der sich in einer Abnahme der Intensität ihrer Strahlung äußert. Letztere geschieht nach folgendem, von den Curies[16]) aufgestellten Exponentialgesetz.

16) Physik. Zeitschrift, IV. 1903, S. 314 und V. 1904, S. 17.

$$J_t = J_o \times e^{-\frac{t}{\lambda}}$$

Hierin besagt J_0 die Anfangsintensität der Strahlung, t die in Sekunden ausgedrückte verflossene Zeit, J die Intensität nach der Zeit, e die Basis des natürlichen Logarithmensystems und λ eine Konstante, die entweder als Radioaktivitätskonstante oder als mittlere Lebensdauer bezeichnet wird. Diese Konstante hat für jede radioaktive Substanz einen bestimmten, nur ihr eignenden Wert, sodaß durch ihre Bestimmung die Substanz selbst erkennbar wird. Ebenso charakteristisch und zur Unterscheidung der einzelnen radioaktiven Stoffe untereinander wertvoll ist die Halbwertszeit T. Darunter ist die Zeit zu verstehen, nach deren Ablauf noch die Hälfte der ursprünglichen Strahlungsintensität verbleibt. Zu ihrer Berechnung geht man von der Curieschen Formel aus, setzt in derselben $J_t = \frac{J}{2}$ und erhält

$$\frac{J}{2} = J_o \times e^{-\frac{t}{\lambda}}$$

woraus durch Umformung $t = 0{,}69315\ \lambda$ wird.

Um nun die Radioaktivitätskonstante λ und die Halbwertsziffer T beider Quellen zu ermitteln, wurden gleichzeitig mit der Probeentnahme für die zweiten Messungen der Haupttabelle noch je 2½ Liter enthaltende Flaschen gefüllt, sorgfältig verkorkt und aufbewahrt. Die Radioaktivität der sofort untersuchten Wasserproben belief sich bei Quelle Nr. 86 auf 5,72 M. E. und bei Nr. 87 auf 5,48 M. E. Der Inhalt der ersten Flaschen jeder Quelle wurde genau nach 5 Tagen auf Emanationsgehalt zwecks Errechnung der Radioaktivitätskonstante λ und der Halbwertszeit T geprüft. Der Brauhausbrunnen brachte folgendes Resultat: $\lambda = 3{,}93 \times 10^5$ u. T = 3,15 Tg, die Göhlesche Quelle

$$\lambda = 3{,}88 \times 10^5 \text{ u. T.} = 3{,}11 \text{ Tg.}$$

Die zweiten Flaschen, deren Inhalt nach Ablauf von genau 8 Tagen in das Fontaktoskop gegeben wurde, ergaben die nachstehenden Werte:

Brauhausbrunnen: $\lambda = 4{,}61 \times 10^5$ u. T = 3,7 Tg.
Göhlesche Quelle: $\lambda = 4{,}68 \times 10^5$ u. T = 3,8 Tg.

Nach Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik, beziffert sich für reine Radiumemanation λ auf $4{,}63 \times 10^5$ u. T auf 3,8 Tage. Während bei beiden Quellen die Werte der 2. Untersuchung mit diesen Angaben recht gut übereinstimmen, weichen die Ergebnisse der I. Messungen nicht unwesentlich davon ab. Eine Deutung für letztere Wahrnehmung läßt sich darin finden, daß außer Radiumemanation noch andere gelöste radioaktive Stoffe in beiden Wässern enthalten sind, die eine merklich kürzere mittlere Lebensdauer besitzen. Hierfür dürfte in erster Linie Thoriumemanation in Betracht kommen, zumal diese in einzelnen Mineralquellen, z. B. Kreuznach, Baden-Baden bereits nachgewiesen werden konnte. Wenn nun für den Brauhausbrunnen sowohl wie für die Göhlesche Quelle beide Untersuchungen für λ und T jeweilig ziemlich gleiche Größen ergaben, so folgert daraus, daß beide fast völlig gleichteilige Gemische von Radium- und Thoriumemanation führen müssen. Nunmehr kann kaum noch ein Zweifel darüber herrschen, daß beide Quellen durchaus gleichartigen, wenn nicht, was bei der engen Nachbarschaft ihrer Quellenaustritte sehr naheliegend ist, denselben Schichten und Gesteinsarten ihr Wasser entnehmen. Die Bestimmung der Abklingung erweist sich also in solchen Fällen, wo eine weitgehende Gleichheit bezüglich der chemischen und sonstigen physikalischen Eigenschaften zweier dicht benachbarten Quellen zu konstatieren ist, als ein ausgezeichnetes Mittel, um die letzten Bedenken an einer gleichen bezw. gemeinsamen Entstehungsweise zu beseitigen.

An die Temperatur der Quellenwässer des Bibertales knüpft sich ein interessantes, die Radioaktivität betreffendes Problem, das schon zu wiederholten Malen zum Gegenstande wissenschaftlicher Untersuchung gewählt worden ist, nämlich die Frage, welchen Einfluß eine gesteigerte Temperatur der

Wässer auf die Höhe des Emanationsgehaltes hat. Die Ergebnisse zielen in der Mehrzahl darauf hin, daß in ein- und demselben Quelldistrikt die kälteren von den wärmeren Wässern hinsichtlich der Emanation bevorzugt sind. Aber nicht überall bestehen derartig einfache Beziehungen zwischen Quelltemperatur und Radioaktivität. Die bereits weiter oben angezogenen Quellen in Arkansas zeigen vollständig entgegengesetzte Verhältnisse; denn dort ist die heißeste Quelle am stärksten radioaktiv. Allerdings decken sich die an den Quellen des Bibertales gemachten Feststellungen mit dem überwiegenden Teile der sonstigen Erfahrungen, die zugunsten der kälteren Quellen sprechen, und die man der Hauptsache nach als Regel gelten lassen darf. Das wärmste Wasser fördert das Bohrloch bei der Leitholdschen Mühle (Nr. 96) mit 12,3° zutage; es hat den niedrigsten Gehalt an Emanation von allen Wässern des Bibertales, der sich nur auf 0,6 M. E. beziffert, während die nächstbenachbarten Quellen (Nr. 95 u. 97) bei Temperaturen von 8,7 und 8,2° C. 1,95 bezw. 4,78 M. E. registrieren. Genau in demselben Sinne verlaufen die Beziehungen zwischen Radioaktivität und Temperatur bei den Quellen Nr. 87 u. 85; die erstere ist bei einer Wassertemperatur von 8,7° mit 5,48 M. E. bei weitem stärker radioaktiv, als die letztere, die bei 10° Wasserwärme nur 1,33 M. E. hat. Bei allen übrigen Quellen hält sich die Temperatur unter 10°, sodaß wegen der damit zusammenhängenden zu geringen Wärmedifferenzen dort Erörterungen über die Beeinflussung der Radioaktivität durch die Temperatur jeder Fruchtbarkeit ermangeln müssen.

Nachdem die Quellen des Hauptbuntsandsteins mit ziemlicher Genauigkeit behandelt worden sind, bleibt nur noch, die Wässer des Muschelkalkes auf ihren Gehalt an Emanation hin zu betrachten. Auf der Schmücke, die in ihrer Gesamtheit einen steilaufgerichteten, aus verschiedenen der Muschelkalkformation zugehörigen Kalken gefügten Kamm darbietet, wurden zehn Quellen auf Radioaktivität untersucht, von denen Nr. 1 mit 1,16 M. E. das Maximum und Nr. 6 mit 0,56 M. E. das Minimum

repräsentieren. Der Durchschnittsgehalt an Emanation stellt sich auf 0,86 M. E., ein Wert, der mit der für die Wässer des Unteren Buntsandsteins errechneten Aktivität von 0,84 M. E. nahezu zusammenfällt. Auch der restierende Teil der Muschelkalkquellen, der am Südabfall der Finne und im östlichen Flügel desselben Höhenzuges entspringt, führt ausschließlich Emanation von 0,8 bis 0,9 M. E. Damit erfährt nicht nur der für die Schmücke errechnete Mittelwert von 0,86 M. E. eine treffende Bestätigung, sondern es erhellt gleichzeitig, daß die Aktivitätsschwankungen gegenüber denjenigen bei den Wässern des Hauptbuntsandsteins viel kleiner sind. Derartige Differenzen bei räumlich in ihren Austritten nur wenig voneinander getrennten Quellen wie bei der vorigen Hauptgruppe sind hier nirgends beobachtet worden. Für diese Tatsache spricht die petrographisch viel einheitlicher gestaltete Schichtenfolge der Muschelkalkformation, die nur aus Schaum- und Wellenkalken verschiedener Porösität und Festigkeit besteht. Sandige, tonige und mergelige Horizonte wechsellagern hier fast nie mit den Kalken; ebenso ermangelt der häufig deutlich bei Tage anstehenden Muschelkalkschichtung eine Bedeckung von Löß oder geschiebefreiem Lehm, wenn nicht durch die Oberflächenform des Geländes — Muldenbildung etc. — ein Zusammenschwemmen diluvialer Erdmassen begünstigt wurde.

Ein kurzer zusammenfassender Rückblick auf die Erörterungen, die Radioaktivität der Quellen im Bereiche der Finne, Hohen Schrecke und Schmücke betreffend, führt zu der Erkenntnis, daß der Emanationsgehalt der dortigen Wässer durchweg, von den wenigen Ausnahmen im Bibertale abgesehen, sehr gering ist. Er übersteigt nur selten 1 M. E. und schwankt um einen Mittelwert von 0,8 M. E. Die geringste Aktivität zeigen die flachgründigen Quellen des Hauptbuntsandsteins, die mit einem Durchschnittswert von 0,6 M. E. charakterisiert sind. Die Aktivitäten bei den Wässern des Unteren Buntsandsteins und des Muschelkalkes bewegen sich ungefähr auf gleicher Höhe, nämlich um einen mittleren Emanationsgehalt von 0,85 M. E.

Da sowohl die Schichten der gesamten Buntsandstein- wie auch die der Muschelkalkformation rein sedimentärer Natur sind, so bestätigt sich das in anderen Untersuchungsgebieten gewonnene Resultat, wonach die Quellen, die aus Sedimentgesteinen kommen, meist einen ziemlich niedrigen Gehalt an Emanation besitzen und in dieser Beziehung erheblich hinter denen der Eruptivgesteine zurückstehen.

Von allen Quellen des vorliegenden Beobachtungsgebietes ist nur eine, der Gesundbrunnen in Bad-Bibra, bereits früher auf Radioaktivität geprüft worden. Die von Dr. Aschoff-Kreuznach ausgeführte Bestimmung stammt aus dem Jahre 1908[17]). Dr. Aschoff nahm 3 Versuche vor, deren Ergebnisse folgende sind: 1. Versuch: 3,07 M. E.; 2. Versuch: 2,94 M. E.; 3. Versuch 3,05 M. E.

Der mittlere Emanationsgehalt beziffert sich demnach auf 3,02 M. E. Einen ähnlichen Grad von Radioaktivität haben z. B. der Kaiserbrunnen in Bad Homburg (2,8 M. E.), die Kirchenquelle in Baden-Baden (3,3 M. E.) und die Neue Quelle in Franzensbad (3,17 M. E.). Ein 4. Versuch hatte die Bestimmung der bleibenden Aktivität zum Gegenstande. Zu diesem Zwecke wurde eine am 16. 12. 08 vom Gesundbrunnen entnommene Wasserprobe auf Flaschen gefüllt, gut verschlossen und am 21. 1. 09 untersucht. Sie zeigte noch immer eine Aktivität von 0,084 M. E., die von Dr. Aschoff als bleibende bezeichnet wird. Da die Quelle in ihrem Ausflußbecken einen rostfarbenen Sinter absetzt, so wurde auch dieser auf Radioaktivität geprüft und zwar kamen zwei Proben, beide dicht am Abflußrohr der Brunnenstube entnommen, zur Untersuchung. 125 g des getrockneten Sinters bewirkten innerhalb einer Stunde eine Abnahme der Spannung des Elektroskopes bei Probe

a) von 101 Volt und bei Probe

b) von 159 Volt.

---

17) Die Dr. Aschoffsche Arbeit wurde mir durch die Liebenswürdigkeit des Badearztes, Herrn Dr. Ossenkopf in Bad Bibra, zugänglich gemacht.

Dieser Befund beweist, daß auch der rostfarbene Quellsinter deutlich radioaktiv ist.

Eine Gegenüberstellung der Dr. Aschoff'schen Ergebnisse bezüglich des Emanationsgehaltes des Gesundbrunnens mit den beiden Werten der Haupttabelle vergegenwärtigt, in wie hohem Maße beide Angaben differieren, dort 2,94—3,07 M. E., hier 1,24—1,33 M. E. Die Erklärung dafür ist in folgenden Nebenumständen zu finden: der Gesundbrunnen entquillt einer Felsspalte, über welcher sich ein mehrere Meter tiefer, ausgemauerter Brunnenschacht erhebt, der mit einem nur wenig dichten hölzernen Deckel verschlossen ist. Der Brunnen ist mit dem Wasser der Quelle gefüllt und entleert sich durch ein seitliches Ablaufrohr in den benachbarten Bach. Dr. Aschoff fand die Brunnenstube in völlig aufgeräumtem Zustande vor und konnte das Wasser mittels einer an eine Stange gebundenen Flasche aus der Tiefe entnehmen. Da seit dem Jahre 1908 eine Säuberung des Brunnenschachtes nicht wieder vorgenommen wurde, war bei beiden Untersuchungen (am 24./3. und am 5./7. 1909), die die Haupttabelle anführt, der Brunnen von hineingestürzten Kies- und Sandmassen dermaßen angefüllt, daß es unmöglich war, das Wasser aus dem Brunnen selbst zu schöpfen. Es mußte daher mit Wasser vom Endstück des seitlichen Abflußrohres vorlieb genommen werden. Das langsame Aufsteigen des Wassers im Brunnenschacht, das längere Stehen darin und schließlich das Durchfließen des 5 m langen Abflußrohres bringen es bis zu seinem Abfließen in den Bach eine beträchtliche Zeit mit der atmosphärischen Luft in Verbindung, sodaß eine größere Herabminderung des Emanationsgehaltes als unausbleibliche Folge eintritt.

Die kurz hintereinander von Dr. Aschoff an Wasserproben vom Gesundbrunnen Bad-Bibra vorgenommenen Messungen des Emanationsgehaltes lieferten drei voneinander abweichende Resultate, nämlich 3,7, 2,94 und 3,05 M. E. Die gasige Natur der radioaktiven, vom Wasser geführten Substanz bedingt, daß wohl nur in den seltensten Fällen eine Uebereinstimmung bis zur zweiten Dezimale vorkommen wird. Beim Brauhausbrunnen in

Bad-Bibra wurde am 28./7. der Emanationsgehalt früh 7 Uhr, mittags 1 Uhr und abends 7 Uhr bestimmt.

Hier die Resultate: Früh 7 Uhr 5,85 M. E., mittags 1 Uhr 5,69 M. E. und abends 7 Uhr 5,80 M. E.

Also auch Schwankungen, die sich auf 0,16 und 0,11 M. E. belaufen. Es darf daher nicht wundernehmen, wenn zeitlich ungefähr zwei Monate getrennte Bestimmungen nicht genau dieselben Werte ergeben.

Bei 11 Quellen des Untersuchungsgebietes wurde der Emanationsgehalt sowohl bei der ersten wie auch bei der zweiten Begehung des Geländes festgestellt, jedoch fanden sich überall zwischen beiden Messungen Differenzen vor. Sie bewegen sich zwischen 0,03 und 0,18 M. E. und zwar teils im Sinne einer Stärkung, teils im Sinne einer Schwächung der Aktivität. Die höchste Amplitude der Schwankungen besteht begreiflicher Weise bei der am stärksten radioaktiven Quelle (Nr. 98), während die schwach aktiven Wässer der flachgründigen Quellen des Hauptbuntsandsteins (Nr. 84) nur unbedeutende Messungsunterschiede erkennen lassen. Ganz allgemein aber kann die Behauptung aufgestellt werden, daß der Emanationsgehalt des Quellwassers nicht dauernd denselben Wert einhält, sondern innerhalb geringer Grenzen bald steigt, bald fällt.

Inwieweit bei dieser Tatsache der Ergiebigkeit der Quelle eine beeinflussende Stelle zukommt, läßt sich nicht in eine einfache Formel fassen, da beide Möglichkeiten, wonach verminderte Ergiebigkeit schwächend auf den Emanationsgehalt einwirkt oder umgekehrt eine Steigerung derselben hervorruft, beobachtet werden konnten. Wenn man überhaupt Beziehung zwischen Wasserführung und Radioaktivität einer Quelle annehmen will — Sjorgen und Sahlborn z. B. leugnen sie —, so muß man von vornherein damit rechnen, daß sie durch Einwirkung zahlreicher anderer Faktoren überdeckt und verwischt werden können. Petrascheck stützt seine Vermutung, daß solche Beziehungen bestehen, auf Beobachtungen, die an einzelnen wenigen Quellen ausgeführt wurden. Er bezieht sich auf die

Arbeiten von Dienert und Bouguet über die Quelle von Rivière[18]) und von Schmidt über einige Quellen im Taunus[19]). In beiden Fällen konnte beobachtet werden, daß die Aktivität mit zunehmender Ergiebigkeit wuchs. Bei der Quelle von Rivière zeigte sich ferner, daß der Salzgehalt mit steigender Schüttung der Quelle abnahm, während die fraglichen Taunus-Quellen bei verstärktem Wasserertrage nicht nur höhere Aktivität, sondern auch höhere Temperatur notierten.

Die an einigen Quellen der Schmücke, Hohen Schrecke und Finne beobachteten Schwankungen im Emanationsgehalt sind an sich zu gering und auch längst nicht zahlreich genug, um zu sicheren Schlüssen zu gelangen. Aber die mehrfach konstatierte Tatsache, daß die verringerte Ergiebigkeit einmal einen verstärkenden, das andere Mal einen schwächenden Einfluß auf die Aktivität des Quellwassers erkennen ließ, verbürgt die Richtigkeit der Annahme, daß die Petrascheckssche Ableitung nicht für alle Quellen zutrifft.

4.
Die Temperatur des Quellwassers.

Für die Temperatur der Quellen ist die Herkunft des sie speisenden Wassers von ausschlaggebender Bedeutung. Alles juvenile Wasser hat infolge seiner vulkanischen Herkunft eine ziemlich hohe Temperatur; das vadose dagegen zeigt in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle niedrigere Wärmegrade. Die Faktoren, durch deren Zusammenwirken die Quelltemperatur zustande kommt, lassen sich der Hauptsache nach in geologische und klimatische unterscheiden. Bei den Wärmeverhältnissen des juvenilen Quellwassers treten die letzteren völlig in den Hintergrund; dasselbe gilt auch für vadoses Wasser, falls es aus größerer Tiefe kommt. Je näher aber der Ort, dem das Wasser entstammt, der Oberfläche der Erde liegt, desto mehr muß das

18) Comptes rendues, Bd. CVL. (1907), pag. 894.
19) Physikal. Zeitschrift 1907, pag. 109.

Klima der betreffenden Gegend von Einfluß auf die Quelltemperatur sein. Da nun nicht nur alle Quellen des vorliegenden Untersuchungsgebietes — wie bereits gelegentlich der Auseinandersetzungen bezüglich der Härte des Quellwassers dargelegt wurde — vadoses Wasser führen, sondern auch meistens in nur geringen Tiefen ihre Sammelbehälter haben, so werden zur Erklärung ihres Wärmezustandes beide Faktoren, die klimatischen und die geologischen, zu berücksichtigen sein.

Das Klima eines Ortes hängt in erster Linie von seiner geographischen Breite ab. Wie die Meteorologie nachgewiesen hat, ist die Wärme der Luft nur zu einem kleinen Bruchteile direkt von der Sonne gespendet, vielmehr wird diese durch die von der Erdoberfläche ausstrahlende Wärme, die sie durch Sonneneinstrahlung empfängt, bewirkt. In den Sommermonaten überwiegt die Einstrahlung, im Winter die Ausstrahlung. Nach Professor Schubert-Eberswalde gestalten sich die Strahlungsverhältnisse in Norddeutschland innerhalb eines Jahres folgendermaßen:

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
— 10	— 6	0	+ 12	+ 16	+ 16 + 60
Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
+ 11	+ 5	— 4	— 13	— 14	— 13 — 60

Die Angaben beziehen sich auf Grammcalorien pro qcm für einen Tag und plus bedeutet ein Mehr an Einstrahlung und minus ein Mehr an Ausstrahlung. Nach dieser Zusammenstellung findet vom September bis März eine Abkühlung und von Mai bis August eine Erwärmung der obersten Erdschichten statt. Die in diesen Teilen der Erdkruste zirkulierenden Wässer stehen unter dem Einfluß dieser Temperaturschwankungen und werden naturgemäß mit merklicher zeitlicher Verspätung eine Erwärmung bezüglich Abkühlung erfahren. Ein Blick auf die Haupttabelle bestätigt dies. Fast bei allen Quellen notiert die zweite Beobachtung, die im Juli und Anfang August stattfand, ein Anschwellen der Temperatur gegenüber den April- bezgl. Maimessungen. Die vom April an einsetzende Aufspeicherung der

Sonnenwärme in den oberen Lagen des Erdbodens findet in der sich allmählich erhebenden Quelltemperatur einen klaren und bestimmten Ausdruck.

Der Lufttemperatur als solcher kann nur insofern eine Mitwirkung beim Zustandekommen der Quelltemperatur zugesprochen werden, als die vor dem Fallen des Niederschlages in der Luft schwebenden Wasserteilchen Wärmeveränderungen erleiden, sodaß also der fallende Regen einen durch die jahreszeitliche Lufttemperatur bestimmten Wärmegrad bei seinem Eintritt in den Erdboden aufweist.

Es ist offensichtlich, daß Gesteine, die in höherem Maße der Sonnenbestrahlung ausgesetzt sind, eine stärkere Erwärmung erfahren müssen, als diejenigen, bei denen dies nicht der Fall ist. So erscheint der Waldboden durchweg kälter als der Ackerboden, der mit ihm die gleiche Höhenlage teilt. Die Vegetationsdecke benimmt den Sonnenstrahlen die Möglichkeit, direkt auf den Waldboden einzuwirken. Auch die stärkere Feuchtigkeit der Waldgebiete verhindert, daß die Erwärmung der dortigen Erdmassen gleichen Schritt mit der benachbarten Ackerfläche hält. Diese Verhältnisse spiegeln sich in der Temperatur der Waldquellen getreulich wieder. Im offenen Feld entspringende Quellen führen, wenn sonst gleiche Entstehungsbedingungen vorliegen, ersichtlich wärmeres Wasser als ihre Schwestern im Walde. Die Quellen Nr. 1—5 der Haupttabelle liefern den besten Beweis dafür. Die kälteste unter ihnen — Nr. 1 — entspringt im Walde, auch ihr Nährgebiet trägt dichten Baumbestand; die übrigen empfangen ihr Wasser von völlig unbewaldeten Teilen derselben Schmücke und treten in gleicher Höhe, aber freiem Gelände aus. Die Unterschiede steigern sich dabei für synchrone Messungen bis auf 1,1 Grad. Ganz allgemein läßt sich von den Waldquellen des ganzen Beobachtungsgebietes sagen, daß sie die kältesten sind. Die Quelle am dichtbewaldeten Palmberge bei Wiehe (Nr. 59) hatte am 27. 5. nur eine Temperatur von 6,9 Grad und gibt damit das Temperaturminimum an. Gleichzeitig bestätigen diese Angaben die Abhängigkeit der Quellen von der Temperatur der oberflächlichen Erdschichten in schönster Weise.

Mit zunehmender Tiefe des betreffenden Ortes, wo die Quelle ihr Wasser sammelt und entnimmt, schwächt sich der Einfluß des Klimas ab. Schon in einer Tiefe von 20 bis 25 m fallen die Unterschiede der jahreszeitlichen Temperatur fort. Die Zone, in der noch Schwankungen der Bodenwärme bemerkbar sind, bezeichnet man als neutrale Erdschicht. Ihre Stärke hängt zweifellos von der Beschaffenheit des sie bildenden Materials ab, wie ja auch die Größe der geothermischen Tiefenstufe mit dem Gesteinscharakter wechselt. Die Bodentemperatur an der unteren Grenze der neutralen Zone stimmt an den meisten Orten der Erde mit der mittleren Jahrestemperatur der betreffenden Gegend annähernd überein. Infolgedessen läßt ein Vergleich der letzteren mit der Quelltemperatur Schlüsse über die Tiefe zu, aus welcher das Wasser stammt.

Was bezüglich der Bodentemperatur ausgeführt wurde, trifft natürlich auch im Rahmen mäßiger Schwankungen für das Wasser zu. Unterhalb der neutralen Schicht kommt die Einwirkung der klimatischen Faktoren in Wegfall, nur der thermische Zustand der betreffenden Gesteine ist bestimmend für die Wassertemperatur. Jene aber hält sich durchaus konstant und hat zur Folge, daß sich auch eine im Wechsel der Jahreszeiten gleichbleibende Wasserwärme herausbildet. Mit zunehmender Tiefe steigt die Temperatur der Gesteinsmassen; um wieviel Grad, sagt die geothermische Tiefenstufe. Das Wasser ist denselben Gesetzen unterworfen; hierbei bezeichnet man die Anzahl von Metern, um die das Wasser tiefer herauskommen muß, um 1 Grad wärmer zu sein, als hydrothermische Tiefenstufe. Stappfs Untersuchungen beim Bau des Gotthardttunnels haben gezeigt, daß hydro- und geothermische Tiefenstufe für denselben Ort fast nie völlig identisch sein dürften, aber immerhin nur um geringe Beträge differieren. Bei 73 beobachteten Fällen hatte das Wasser nur ein einziges Mal genau dieselbe Temperatur wie das benachbarte Gestein, und zwar war dieselbe teils höher, teils niedriger als diejenige des Felsens. Für näherungsweise Bestimmung der Tiefe, aus welcher die

Quelle ihr Wasser schöpft, genügt es, geo- und hydrothermische Tiefenstufe als sich deckend anzusehen.

Um für die dortige Gegend zu einem möglichst brauchbaren Mittelwerte für die geothermische Tiefenstufe zu gelangen, habe ich gelegentlich eines Besuches des Kalischachtes Reichskrone bei Lossa an verschiedenen möglichst weit vom Einfuhrschachte entlegenen Stellen sowohl die Luft- wie auch die Gesteinstemperatur in einer Tiefe von 525 Metern gemessen. Beide Temperaturen stimmten an allen Punkten überein und bezifferten sich auf 19,3 Grad. Nach Abzug der neutralen Zone mit 25 Metern und der mittleren Jahrestemperatur mit 8 Grad verbleiben 500 Meter und 11,3 Grad, so daß sich hieraus die mittlere geothermische Tiefenstufe auf 44,2 m berechnet. Dieser auffällig hohe Wert dürfte darin begründet sein, daß in den zahllosen Klüften und Fugen der Buntsandsteinmassen große Wassermengen zirkulieren und einen starken Wärmeverbrauch zur Folge haben. Bei den durchaus gleichartigen Gesteins- und Lagerungsverhältnissen in der nordwestlichen Finne und der Hohen Schrecke kann der Größe 44,2 m für diesen Teil des Beobachtungsgebietes allgemein Gültigkeit zugesprochen werden. Bringt man sodann noch die Stärke der neutralen Zone mit einem Mittelwerte von 25 m in Ansatz und kennt die mittlere Jahrestemperatur des Ortes, so hat man damit sämtliche Faktoren, die eine Berechnung der Tiefenlage der wasserführenden Schichten ermöglichen. Hierzu möge das Bohrloch bei der Leithold'schen Mühle in Thalwinkel als Beispiel dienen. Quelltemperatur bei beiden Messungen 12,3, mittlere Jahrestemperatur 8, also Temperaturüberschuß 4,3 Grad.

Neutrale Schicht: 25 m

$4{,}3 \times 44{,}2 =$ 190 m

Mithin stammt das Wasser aus einer Tiefe von 215 m.

Unsicherer gestalten sich die Resultate, sobald sich die Quelltemperatur nur wenig über die mittlere Jahrestemperatur erhebt; völlig unmöglich aber wird diese Art der Berechnung der Tiefenlage der wassergebenden Schichten, wenn die Quellen

größere jahreszeitliche Schwankungen zeigen. Die überwiegende Mehrzahl der Quellen des Beobachtungsgebietes hat keine konstante Temperatur; daraus folgert, daß sie ihre Wässer ganz oder wenigstens teilweise aus der neutralen Zone beziehen. Ein völlig einwandfreies Bild erhält man allerdings erst dann, wenn man den Temperaturverlauf innerhalb eines ganzen Jahres beobachtet. Ergeben sich aber schon bei Messungen, die zeitlich nur mehrere Wochen getrennt sind, fühlbare Schwankungen, so muß der Schluß, daß die Wässer der neutralen Zone entstammen, mit um so größerer Berechtigung gezogen werden.

Die Abweichungen von der mittleren Jahrestemperatur können sowohl positiv als auch negativ sein. Während sich die positiven — bei einer mittleren Jahrestemperatur von 8 Grad für die Finne, Schmücke und Schrecke im Maximum auf 2 Grad — Gesundbrunnen Bibra — belaufen, stellt sich der Höchstwert für die negativen nur auf 0,6 — Palmberg bei Wiehe —. Daß die erste Gruppe von Quellen ihre erhöhte Temperatur der Erdwärme verdankt, ist bereits ausgeführt worden. Bei der zweiten Gruppe verdient zunächst hervorgehoben zu werden, daß die Differenz gegen das Jahresmittel der Luft nur gering ist. Zu erklären ist die Temperaturerniedrigung mit der Abkühlung des Bodens durch die Luft und durch die namentlich in lockeren Gesteinsmassen sich stark entwickelnde Verdunstungskälte. Gesteine, die sich infolge ihrer großen Porösität schwammartig mit Wasser vollsaugen, geben die Feuchtigkeit nur allmählich ab und führen infolgedessen fast dauernd niedere Wärme. Die in hohem Maße durchlässigen Schichten des Hauptbuntsandsteins gehören zu ihnen, sodaß die niedrigen Temperaturen fast aller Quellen im Beobachtungsgebiet, die dieser Formation entspringen, als natürliche Folge dieser Tatsachen anzuführen sind. Vielfach wird die Wärmeverminderung noch erklärt durch die Lage der meisten Quellen des Hauptbuntsandsteins im Walde, wo der erste der beiden für die kalte Wasserführung gewisser Quellen verantwortlichen Faktoren hinzukommt.

Es ist naheliegend, aus der Größe der Amplitude den Ort, aus dem die Quelle ihr Wasser bezieht, genauer bestimmen zu

wollen. Je näher der Erdoberfläche das Wasser herauskommt, desto stärker muß natürlich der Einfluß der klimatischen Faktoren sein und die ausgleichende Wirkung der Erdwärme hintantreten. So ist es sicher, daß Quellen, deren mittlere Jahrestemperatur sich mit der mittleren Lufttemperatur deckt, nur von Wasser gespeist werden können, das einige Meter tief in die Erdkruste eingedrungen ist. Derartige Quellen zeigen außerdem eine sichtliche Abhängigkeit von den Niederschlägen, sodaß größere Regenfälle des Winters und Frühjahrs mit kurzer zeitlicher Verspätung verstärkend auf die Wasserführung einwirken — eine Frage, auf die später bei der Behandlung der Ergiebigkeit zurückzukommen sein wird. Das Untersuchungsgebiet liefert gerade für diese Art des Temperaturverlaufes zahlreiche Beispiele, es sei nur auf die Quellen bei Steinburg und Saubach hingewiesen.

Einen besonders interessanten Fall bietet die Schwesterquelle in Bibra, deren Wasser jahraus-jahrein eine Wärme von 7,9 bis 8,1 Grad hat. Die geringe negative Abweichung bezeugt die Herkunft des Wassers aus der neutralen Schicht; die kaum nennenswerte Amplitude von 0,2 aber bedeutet, daß die Quelle aus den untersten Lagen dieser Zone hervorgehen muß. Damit darf als erwiesen gelten, daß die Schwesterquelle einer Tiefe von 20 m ihr Wasser entnimmt.

Die bei den meisten Quellen des Gebietes zwischen den beiden Messungen beobachtete Temperaturdifferenz, die auf jahreszeitliche Schwankungen zurückzuführen ist, legte die Frage nahe, ob nicht auch die besonders im Sommer stark ausgeprägten Wärmeunterschiede der Luft während Ablauf eines Tages imstande sind, das Quellwasser zu beeinflussen. Bei den Quellen Nr. 19, 84 und 86 wurden an einer Reihe von Tagen frühmorgens um 7 Uhr, mittags 1 Uhr und abends 7 Uhr darauf abzielende Messungen vorgenommen. Das Resultat war in allen Fällen dasselbe — ein völlig geradliniger Verlauf der Kurve der Quelltemperatur innerhalb eines Tages. Es muß daher als durchaus zwecklos erscheinen, den Angaben über das Datum der Messung auch die Stunde derselben hinzuzufügen.

Die Bedeutung der geologischen Faktoren für die Quellwärme ist mit der einfachen Feststellung, daß die tieferen Erdschichten dahin wirken, die Wassertemperatur konstant zu erhalten und mit zunehmender Tiefe zu steigern, nicht erschöpft; vielmehr lehrt schon ein flüchtiger Blick auf die Haupttabelle, daß hier innerhalb jedes einzelnen geologischen Abschnittes der Triasformation eine gewisse Uebereinstimmung in den Quelltemperaturen obwaltet. Die für das Beobachtungsgebiet in Betracht kommenden Formationen: Unterer, Mittlerer Buntsandstein und Muschelkalk führen jede Wässer, die durch eine bestimmte Temperatur charakterisiert sind. Natürlicherweise kann hierbei nicht von einer Uebereinstimmung, die bis zu den Zehntel Graden reicht, die Rede sein, weil noch andere Momente die Wärme des Quellwassers beeinflussen. Zu den bereits weiter oben angeführten diesbezüglichen Faktoren wäre noch die Höhenlage des Quellaustrittes hinzuzufügen — ein Faktor, der innerhalb unseres Gebietes besonders für die auf der westlichen Finne und der Hohen Schrecke im Hauptbuntsandstein entspringenden Quellen in die Wagschale fällt. So liegt z. B. die Quelle im Röhrenthal rund 120 m höher als der Hainborn mit 8,7 und 8,8 Grad Wassertemperatur. Nimmt man als Durchschnitt einen Wert von 0,5 Grad Abnahme der Lufttemperatur für 100 m Steigung an, so muß man bei 120 m Höhendifferenz 0,6 Grad bei der Quelle im Röhrenthal hinzufügen, um zu einer Angabe zu gelangen, die mit dem Wärmezustand des Hainborns vergleichbar wird. Natürlich ist bei Betrachtung dieser Quellen auch das Jahresmittel der Lufttemperatur nur mit 7,4 Grad gegenüber den sonst zugrunde gelegten 8 in Rechnung zu setzen.

Ein Vergleich der Quelltemperatur der drei Formationen lehrt folgendes:

1. Die Quellen des Mittleren Buntsandsteins sind bei weitem die kältesten; ihre Temperatur hält sich meistens um das Jahresmittel der Luft von 7,4 Grad; wo aber dem letzteren gegenüber

ein Plus zu konstatieren ist, so beträgt dies nur einige Zehntel Grade. In einzelnen Fällen sinkt die Wärme der Quellen sogar 0,4 ° bis 0,5 ° unter das Luftmittel hinab.

Nicht in dieser Gruppe unterzubringen sind die Quellen im Bibertale bei Bibra und im Mühltale bei Rastenburg. Daß hier besondere geologische Verhältnisse vorliegen, bekunden auch die Temperaturen der Quellwässer. Diese bewegen sich zwischen 7,9 (Nr. 84) und 10 Grad (Nr. 85). Die verschiedenen Tiefen der wasserführenden Schichten, eine Folge des Fehlens durchgehender, wassersperrender Gesteinslagen des Hauptbuntsandsteins, geben eine befriedigende Erklärung für diese in die Augen fallenden Unterschiede.

2. Die Temperaturen der Quellwässer des Unteren Buntsandsteins liegen ausnahmslos über der mittleren Jahrestemperatur der Luft. Die Quellen Nr. 50 und 51 bringen mit 9,3 bezgl. 9,4 Grad das Maximum für diese Gruppe, deren Minimum der Hainborn bei Wiehe (Nr. 60) mit 8,7 Grad führt. Beachtenswert erscheint besonders, daß hier die einzelnen Quellen untereinander im Höchstwert nur um 0,6—0,7 Grad differieren. Verfolgt man die Lage aller beteiligten Quellaustritte, so nimmt man wahr, daß sie auf denselben oder benachbarten Isohypsen erfolgen, woraus sich einerseits auf eine ziemlich gleichmäßige Temperatur ihrer Wässer schließen läßt. Angesichts der Zerstückelung der nordwestlichen Finne und Hohen Schrecke in verschieden hohe Berge, die durchlässige Schichten von variierender Mächtigkeit darstellen und einer jeden Quelle etwas Individuelles aufdrücken, wird man andererseits die geringen Temperaturschwankungen verstehen. Die Quellen des Unteren Buntsandsteins nehmen bezüglich der Temperatur zwischen denen des Hauptbuntsandsteins und denen des Muschelkalkes eine Mittelstellung ein mit erkennbarer Tendenz zu den letzteren.

Was endlich die Muschelkalkquellen anbetrifft, so führen sie, von einigen Waldquellen abgesehen, bei beiden Beobachtungen das wärmste Wasser. Die hierher zählenden Wässer der Schmücke und des Südabfalles der Finne notierten bei der Mai-

messung meist Temperaturen von 8,8 bis 9,4 und bei der Julimessung solche von 9 bis 9,8 Grad. Die Wasserleitungsquellen von Crawinkel und Plößnitz mit Temperaturen von 8,5 und 8,6 zeigen die Niedrigstwerte. Keine der Muschelkalkquellen führt das Jahresmittel der Lufttemperatur, das je nach der Höhenlage zwischen 7,5 und 8 Grad liegt, vielmehr sind überall positive Abweichungen zu konstatieren. Besonders hoch stellen sich diese bei den Quellen Nr. 2 und 3. Die Abhängigkeit des thermischen Zustandes der Quelle von der geologischen Formation bezgl. der petrographischen Beschaffenheit ihrer Schichten wird treffend beleuchtet durch den Vergleich zweier Quellen am Nordabhang der Schmücke, welche dieselbe Höhenlage gemeinsam haben und ihre Wässer aus überlagernden Gebirgsmassen von ähnlicher Mächtigkeit empfangen, nämlich die Quelle Nr. 2, dem Muschelkalk zugehörig, hat einen Temperaturüberschuß von 1,2 bis 1,8 Grad gegenüber der Quelle Nr. 10, die dem Hauptbuntsandstein entströmt.

Unternimmt man es, auf Grund der Schwankungen der Temperaturen, die die beiden Messungen bekunden, die Quellen nach den Formationen zu gruppieren, so ergibt sich ein im Hinblick auf das vorige verändertes Bild. Einer ersten Gruppe wären die Quellen des Unteren Buntsandsteins zuzuteilen, bei denen die Schwankungen nur wenige Zehntel Grad ausmachen, sich sogar meist auf ein Zehntel beschränken.

Die Quellen des Hauptbuntsandsteins liefern in dieser Frage wenig verlässiges Material, weil bei einer größeren Anzahl eine zweite Messung infolge Versiegens des Wassers unmöglich war. Die restierenden Fälle lassen ein Zunehmen der Temperaturschwankungen erkennen, ohne daß die Amplitude der Muschelkalkquellen erreicht wird.

Den Höchstwert der Temperaturschwankungen repräsentieren die Muschelkalkquellen, bei denen 0,4 und 0,5 Grad und darüber hinaus keine Seltenheit sind. Diese Eigenschaft wird um so bemerkenswerter, wenn man bedenkt, daß die Wärme der Muschelkalk-

quellen mit dem Luftmittel verglichen einen Ueberschuß von 0,7 bis 1,8 Grad zeigt und niemals unter dasselbe hinabsteigt.

Diese Erfahrung wies darauf hin, zu untersuchen, ob nicht auch dicht nebeneinander befindliche Quellaustritte derselben Formation bei synchronen Messungen Differenzen bezüglich ihres thermetischen Zustandes wahrnehmbar sind. Die Quellen Nr. 3 und Nr. 4 bei Harras und Nr. 23 auf der Hohen Schrecke, bei welchen das Wasser 7, 4 bezgl. 3 Löchern entströmt, boten gute Gelegenheit zum Studium dieses Problems; denn nicht nur, daß hier mehrere Quellen auf einem engen Raume austreten, sondern auch, daß Nr. 3 und 4 dem Muschelkalk, Nr. 23 dem Mittleren Buntsandstein angehören, gewährleistet eine genügend breite Basis für die fraglichen Untersuchungen. Die 3 Quellen zeigten in ihren einzelnen Quellöchern folgende Wärmeverhältnisse.

Quelle Nr. 3 (14. 7. 13)	Quelle Nr. 4 (14. 7. 13)	Quelle Nr. 23 (15. 7. 13)
Loch Nr. 1 — 9,8	Loch 1 — 9,9	Fuge 1 — 8,2
„ „ 2 — 9,9	„ 2 — 9,8	„ 2 — 8,4
„ „ 3 — 9,7	„ 3 — 9,7	„ 3 — 8,1
„ „ 4 — 9,7	„ 4 — 9,8	M. T. 8,2
„ „ 5 — 9,9	M. T. 9,8	
„ „ 6 — 10		
„ „ 7 — 9,8		
Mittl. Temp. 9,8		

Vorstehende Zusammenstellung berechtigt zu der Folgerung, daß auch innerhalb eines Quellsystems Unterschiede in den Temperaturen vorkommen, wenngleich diese nur unbedeutend sind. Der Höchstwert stellt sich bei Quelle Nr. 3 und Nr. 23 in gleicher Weise auf 0,3 Grad; jedoch vermindern sich diese Beträge noch, wenn die Vergleiche auf die mittleren Temperaturen — 9,8, 9,8 und 8,2 — bezogen werden. Die Quellen Nr. 3 und 4 liegen in ihrer Gesamtheit kaum 30 m voneinander entfernt, daher auch die weitgehende Uebereinstimmung, die sich sowohl in der mittleren Temperatur, wie auch bei den

Wärmegraden der einzelnen Quellöcher vorfindet. Derartige Quellen stellen in der Erdrinde ein mehr oder weniger verzweigtes Kanalnetz dar, das sich auch in seiner oberflächlichen Ausmündung nicht zu einem geschlossenen Ausfluß vereint. Mit dieser Eigenart ist eine nicht einheitliche Geschwindigkeit in den einzelnen Adern verknüpft, die ihrerseits wieder ein längeres Verweilen und Berühren in und mit den wärmebeeinflussenden Schichten zur Folge hat, so daß kleine Temperaturschwankungen daraus notwendigerweise resultieren.

5.

Die Ergiebigkeit der Quellen.

Bei den meisten Quellen des Untersuchungsgebietes konnte beobachtet werden, daß sich die Ergiebigkeit oder Schüttung, d. i. die Wasserspende der Quelle pro Sekunde, nicht auf derselben Höhe hält, vielmehr treten fast überall merkliche, teilweise sogar recht bedeutende Schwankungen hervor. Ein einmaliges Messen der Ergiebigkeit gibt ein unzuverlässiges, unter Umständen völlig falsches Bild von der Wasserführung der einzelnen Quelle. Die Haupttabelle bringt daher für alle Quellen ohne Ausnahme zweimalige Bestimmungen der Schüttungen, von denen die eine im April, Mai oder Juni, also bei zunehmender oder höchster Ergiebigkeit, und die andere im Juli bezw. August, der Zeit des nachlassenden Wasserertrages, ausgeführt wurde. Diese Angaben gewähren einen äußerst interessanten Einblick in die Abflußverhältnisse der Schmücke, Hohen Schrecke und Finne.

Wie starke Veränderungen in der Schüttung vorkommen, vergegenwärtigen deutlich die Quellen Nr. 7, 31 und 33, bei welchen die ersten Messungen ein zwei- und mehrfaches der zweiten lieferten. Hierbei ist es nicht gleichgültig, welcher Formation die Quellen ihr Wasser entnehmen.

Die Quellen des Hauptbuntsandsteins, die auf Grund ihrer geringen Temperaturabweichungen vom Jahresmittel der Luft

und wegen der überall beobachteten Wärmeschwankungen als flachgründig charakterisiert wurden, verhalten sich auch bez. ihre Schüttungen den dort gemachten Feststellungen gemäß; sie zeigen beträchtliche Schwankungen. Bei keiner einzigen Quelle des Hauptbuntsandsteins im nordwestlichen Teile des Beobachtungsgebietes konnte eine Uebereinstimmung beider Messungen konstatiert werden. Die Juli- bezw. Augustuntersuchungen notieren in allen Fällen ein außergewöhnlich großes Nachlassen der Ergiebigkeit; 10 Quellen waren sogar völig versiegt. Unter diesen befindet sich eine (Nr. 58), bei der noch Ende Mai eine Wasserführung von 2,5 l pro Sekunde gemessen wurde. Die geringe Tiefe der wasserzuführenden Schichten äußert sich in einer handgreiflichen Abhängigkeit der Quellen von den Jahreszeiten. Die hohen Niederschlagsmengen des Juni und Juli sind nicht imstande, die durch Verdunstung und Vegetationsverbrauch dem Erdboden entzogene Feuchtigkeit zu ersetzen, so daß der Wasservorrat bis in die wasserspendenden Gesteinslagen, denen jene Quellen ihr Dasein verdanken, hinab allmählich verausgabt wird. Daß dabei die Lage des Wasserträgers zur Erdoberfläche eine entscheidende Rolle spielt, geht aus dem Verhalten der Hauptbuntsandsteinquellen hervor, wenn sie tiefgründigeren Wassersammlungen ihre Speisung entnehmen. Auch bei ihnen läßt sich im Sommer eine Abnahme der Schüttung erkennen, jedoch tritt niemals ein völliges Versiegen ein. Keine der Quellen im Biber- und Mühltale versagt im Sommer; mehrere von ihnen zeigen dagegen eine recht gleichmäßige Ergiebigkeit. Der Gesundbrunnen und der Heilandsbrunnen mögen als Beispiel genannt sein (siehe auch Tabelle III).

Dieselbe Erfahrung wiederholt sich bei den Quellen des Unteren Buntsandsteins, die wohl noch geringen Schwankungen unterworfen sind, aber nie zum vollständigen Versiegen kommen. Gerade die starken Wässer dieser Formation — und das muß als ein gutes Charakteristikum besonders unterstrichen werden — halten sich in ihrer Wasserführung so konstant, daß sich bei einigen (Nr. 49, 50, 52) die Ergebnisse beider Untersuchungen völlig decken.

Auch bezüglich der Quellen des Muschelkalkes kommt man damit aus, die mehr oder weniger stark variierende Schüttung mit dem Lagerverhältnis der quellbildenden Gesteine zur Erdoberfläche zu erklären. So sind die flachen, den oberen Muschelkalk überlagernden diluvialen Wasserträger bereits Anfang Juni nicht mehr imstande, einzelne Quellen — z. B. die bei Poppel, Taugwitz und Zäckwar — mit Wasser zu versorgen, während alle übrigen Wässer der Muschelkalkformation bei beiden Beobachtungen flossen. Dabei wechselt ihre Ergiebigkeit allerdings außerordentlich, so daß fast überall ein ähnlicher Verlauf wie im Hauptbuntsandstein erkennbar wird, nämlich mit fortschreitendem Sommer wird die Wasserführung schwächer und schwächer. Wie hoch sich die Unterschiede in den bewegten Wassermengen stellen, lehren die Nummern 7, 19 und 140, bei denen die erste Beobachtung den 3 bezw. 2½ und 4 fachen Betrag verglichen mit der zweiten lieferte. Jedoch sind auch im Bereiche des Muschelkalks Quellen vorhanden, deren Schüttung durch eine gewisse Konstanz ausgezeichnet ist. So boten die am Nordabhang der Schmücke gelegenen 4 Quellen bei Harras im Mai und Juli fast die gleiche Ergiebigkeit.

Die Schwankungen verlieren bisweilen an Größe, wenn die Quellen gründlich gefaßt werden. Es gibt sogar solche, deren Ertrag durch eine sachgemäße Fassung zunimmt, das trifft namentlich dann zu, wenn der Quellaustritt kein einheitlicher ist. Vortreffliche Gelegenheit, dieses zu beobachten, bot sich während der zweiten Begehung des Geländes bei den Quellen Nr. 36 und 37, die gerade zu Zwecken einer Wasserleitung für das Dorf und Schoß Bachra gefaßt wurden. Beide bekundeten bei der zweiten Messung eine Steigerung des Wasserertrages, die umso hervorstechender wirkt, weil beide dem Hauptbuntsandstein entströmen, dessen Quellen sonst in diesem Teile des Beobachtungsgebietes hohen Aenderungen in der Schüttung ausgesetzt sind. Deutlich ließ sich bei Nr. 37 verfolgen, wie sich die Quelle aus vielen neben- und übereinander fließenden Gerinnen zusammensetzt, die nicht geschlossen, sondern auf einer breiten Fläche zutage kommen. Damit ist die oben aus-

gesprochene Voraussetzung gegeben, unter der eine Mehrung der Schüttung denkbar wird.

Wieweit Ergiebigkeitsschwankungen mit dem wechselnden Luftdruck in Verbindung zu bringen sind, haben Beobachtungen von Knett an den Quellen in Karlsbad klargestellt. Es ergab sich auf Grund einer Messungsreihe von drei Monaten, daß je höher der Luftdruck war, destomehr der Wasserertrag nachließ. Auch Untersuchungen an anderen Steig- und Gaswasserquellen brachten dasselbe Resultat. Für Quellen mit absteigender Wasserführung läßt sich ein derartiges Abhängigkeitsverhältnis nicht beweisen. Darauf abzielende Untersuchungen an der Schwesternquelle in Bibra sind in Tabelle III, Spalte 4 und 5, zusammengestellt. Die Schüttung dieser Quelle läßt mit großer Regelmäßigkeit mit nahendem August nach, während der wechselnde Luftdruck einen bald aufsteigenden, bald absteigenden Verlauf nimmt, so daß von einer Beeinflussung der Ergiebigkeit durch den atmosphärischen Druck nicht die Rede sein kann. Wenn nun bereits bei einer derartig flachgründigen Quelle wie der hier beobachteten die Wirkung des Luftdruckes auf die Wasserführung ausscheidet, so muß dies mit umso größerer Gewißheit für Quellen zutreffen, die tiefer liegende Wasseransammlungen anzapfen. Ganz allgemein darf mithin behauptet werden, daß die Schüttung von Fallquellen nicht merkbar von dem schwankenden Druck der Atmosphäre abhängt.

Die Größe und eine möglichst dauernde Gleichmäßigkeit des Wasserertrages ist von außerordentlicher Wichtigkeit für die Frage, ob eine Quelle für die Wasserversorgung (Wasserleitung) einer Siedlung geeignet erscheint oder nicht. Die im Hauptbuntsandstein der westlichen Finne und der Hohen Schrecke entspringenden Quellen kommen dafür nicht in Betracht, weil sie teilweise versiegen oder zu große Veränderlichkeit in der Wasserführung zeigen. Als außergewöhnlich günstig auch für die Wasserbeschaffung größerer Siedlungen müssen die Quellen des Unteren Buntsandsteins am nördöstlichen Fuße der Finne bezeichnet werden. Nicht nur ihr teilweise hoher Wasserertrag und die Gleichmäßigkeit der Ergiebigkeit qualifiziert sie dazu

im hohen Maße, sondern auch ihre Härte von 7—8,5°, die ihr Wasser für Koch-, Trink- und Waschzwecke gleichgut brauchbar macht. Die etwa 2300 Einwohner zählende Stadt Wiehe hat im Hainborn einen gütigen Wasserspender, der die ganze Gemeinde reichlich mit vortrefflichem Wasser speist. Infolge der hohen Lage des Quellaustrittes genügt der hydrostatische Druck, um das Wasser bis in die höchstgelegenen Häuser der Stadt zu befördern. Am reichsten mit Quellwasser ausgestattet ist das Dorf Allerstädt, das mit seinen 5 Quellen nicht nur der Zahl nach, sondern auch bezüglich der Ergiebigkeit — mehr als 20 l pro Sekunde — für das ganze Beobachtungsgebiet einzig dasteht.

Auch die tiefgründigeren Quellen des Hauptbuntsandsteines, deren Wasserertrag nur kleinere Schwankungen annimmt, sind der Wasserversorgung für den Haushalt des Menschen nutzbar gemacht worden. Deshalb finden wir in der Umgebung von Bibra, wo derartige Quellen fließen, in verschiedenen Dörfern Wasserleitungsanlagen. Einzelne Siedlungen der engen Täler decken ihren Wasserbedarf an den reichlich fließenden natürlichen Wässern, z. B. Bibra, Steinbach, andere wieder (Saubach) haben an höher herauskommenden Quellen von genügender Ergiebigkeit ein Rohrsystem angeschlossen, so daß der hydrostatische Druck einen wohlfeilen Betrieb garantiert. Die dritte Art von Siedlungen, die den wenigen Raum der zum Teil schluchtartigen Täler bereits besetzt fand und infolgedessen auf dem Plateau entstehen mußte, ist ebenfalls auf die Quellen der Täler angewiesen. Mit welchen Beschwerden die Beschaffung des nötigen Trink- und Kochwassers für diese Ortschaften häufig verbunden war, beleuchten recht treffend die Verhältnisse des Dorfes Krawinkel, dessen jetzige Wasserleitungsquelle, die allerdings nicht im Hauptbuntsandstein, sondern an der Grenze zwischen Röt und Muschelkalk austritt, bereits früher zu einem flachen Brunnen gefaßt war. Von dorther mußte das Wasser aus einer Tiefe von 110 m und aus einer Entfernung von 1500 m zum Dorfe hinaufgetragen werden. Aehnlich, wenn auch nicht ganz so schwierig, lagen die Dinge für viele Dörfer des Plateaus.

In den letzten Dezennien ist man daher, wo nur immer möglich, mit dem Bau von Wasserleitungen vorgegangen, um vor allem auch für trockene Sommer das Gespenst der gänzlichen Wasserlosigkeit zu bannen. Da nun die fraglichen Dörfer des Finneplateaus fast ohne Ausnahme zu den Kleinsiedlungen zählen (z. B. Borgau mit 23 Häusern), so genügt fast überall eine stärkere, in einem benachbarten Tale entspringende Quelle, um die Wasserleitung ausreichend zu speisen. Auch hat man sich damit zu helfen gewußt, daß man die Wasser mehrerer Quellen einem gemeinsamen Sammelbehälter zuführte (Wischroda und Bachra). Besonderes Interesse erregt die Art und Weise, wie der Wasserleitungsbetrieb ermöglicht wird. Da der hydrostatische Druck für die Siedlungen des Plateaus eine billige Wasserbeschaffung nicht zuläßt, so kommt einzig und allein ein Pumpsystem in Betracht, durch welches das Wasser in Hochbassins befördert wird, von denen aus die Verteilung in die einzelnen Häuser erfolgt. Dabei kann man alle Formen des Kraftbetriebes studieren. In Krawinkel arbeitet ein Petroleum-, in Birkicht ein Benzin- und in Thalwinkel ein elektrischer Motor, und für die augenblicklich im Entstehen begriffene Wasserleitung von Golzen soll das Wasser mittels der in der Moritschen Wassermühle erzeugten Kraft nach dem hochgelegenen Dorfe hinaufgepumpt werden. In anderen Anlagen wird das Wasser durch einen sogenannten hydraulischen Widder gehoben. Diese Form des Betriebes ist außerordentlich billig, und die Ausgaben reduzieren sich im wesentlichen auf Anlage- und Reparaturkosten.

Die Quellen an den Talhängen der Finne sind für Widderanlagen gut geeignet, weil ein hohes Betriebsgefälle bereits vorhanden ist oder mit Leichtigkeit erzielt werden kann. Da immerhin nur ein geringer Bruchteil der vorhandenen Wassermenge gefördert wird, so können derartige Widderanlagen nur für kleinere Siedlungen unter der Voraussetzung zur Anwendung kommen, daß eine genügend starke Quelle mit sich möglichst gleichbleibender Schüttung vorhanden ist. Wasserleitungsanlagen mit Widderbetrieb haben folgende Ortschaften des Beobachtungsgebietes: Borgau, das Wasser wird 34 m hoch-

gehoben, Wischroda, das Wasser wird 39 m hochgehoben, Rittergut Harras, das Wasser wird 20 m hochgehoben, Wallroda, das Wasser wird 98 m hochgehoben. Außerdem befindet sich eine Widderanlage im Gehöft des Herrn Maurermeisters Hennicke in Bibra mit einer Steigehöhe von 12 m.

In allen diesen Fällen hat man ein gutes Wasser von mittlerer Härte zur Verfügung. Aber auch das viel härtere Wasser der Muschelkalkquellen versorgt in verschiedenen Dörfern die Wasserleitungen. Mit Rücksicht auf die durchweg kleineren Wassererträge der fraglichen Quellen muß man auf den billigen Widderbetrieb verzichten. Nur an einer Stelle reicht der hydrostatische Druck für den Zweck der Leitung aus, d. i. in der Kleinsiedlung Rehehausen im Lanitzthal; aber die sehr schwankende Wassergabe der dortigen Quellen hat es nötig gemacht, daß 2 Quellen mit getrennten Rohrsystemen benutzt werden.

Seit etwa 2 Jahren verfolgt die Landwirtschaftskammer zu Halle a./S. die Frage der Ergiebigkeit der Quellen im vorliegenden Beobachtungsgebiete mit großer Sorgfalt. Besonders im westlichen Teile und im Zentrum werden regelmäßige Messungen an einer bestimmten Anzahl von Quellen und Brunnen vorgenommen. Veranlaßt wurde dieses Vorgehen durch die in dortiger Gegend in steigender Anzahl entstehenden Kalischächte. Es liegt auf der Hand, daß nicht nur für die Siedlungen selbst, sondern vor allem auch für den Ackerbau die Frage des Quell- und Grundwassers von eminenter Bedeutung ist. Daß Quellen infolge des Einschlagens von Schächten ihr Wasser verlieren können, erfuhr die Gemeinde Saubach. Beim Abteufen des Kalischachtes Burggraf bei Bernstorf versagte am 4. 10. 1910 der sogenannte Spring, die die Wasserleitung des Dorfes Saubach versorgende Quelle, mit einem Male völlig. 1¾ Jahr hindurch fehlte jedes Wasser, bis es sich endlich, nachdem die Teufe vollendet war, am 28. August 1912 wieder einstellte und in langsamer Zunahme auch die frühere Ergiebigkeit annähernd wieder erreicht wurde[20]).

20) Auf Grund gütiger Mitteilung des Herrn Ortsvorstehers Meinecke-Saubach.

Die nahezu söhlige Lagerung der Schichten im Verein mit der hochgradig durchlässigen und klüftigen Beschaffenheit der Gesteinsmassen des Mittleren und Unteren Buntsandsteins hat für die westliche Finne Verhältnisse hervorgebracht, die Wasseransammlungen in der Tiefe sehr begünstigen. Wie sich die Wassermengen mit zunehmender Tiefe gestalten, darüber gibt folgende Zusammenstellung, die beim Durchteufen des Schachtes Rheingraf bei Lossa aufgenommen wurde, einen lehrreichen Aufschluß. Die Angaben über die Wassermengen sind so zu verstehen, daß die Pumpen aus den betreffenden Tiefen den in Litern pro Minute beigefügten Betrag fördern mußten, um ein Arbeiten an der Teufe zu ermöglichen.

In	einer	Tiefe	von	67	m	=	33,3	l	pro Min.
„	„	„	„	152,6	„	=	25	l	„ „
„	„	„	„	178,5	„	=	5000	l	„ „
„	„	„	„	184,8	„	=	1500	l	„ „
„	„	„	„	201,5	„	=	1650	l	„ „
„	„	„	„	212,5	„	=	400	l	„ „
„	„	„	„	223,5	„	=	4500	l	„ „
„	„	„	„	240,5	„	=	500	l	„ „
„	„	„	„	278,45	„	=	600	l	„ „
„	„	„	„	301,3	„	=	600	l	„ „
„	„	„	„	312,2	„	=	1700	l	„ „
„	„	„	„	333,7	„	=	600	l	„ „
„	„	„	„	339	„	=	1000	l	„ „

Erst in der zuletzt angegebenen Tiefe setzt eine nahezu 70 m mächtige, dem Zechstein angehörige Lettenschicht von großer Zähigkeit ein, die ein Weiterdringen des Wassers verhindert und einen absolut wasserdichten Abschluß gegen die unterlagernden Massen des jüngeren Steinsalzes darstellt. Alles, was über diesem Horizonte von 339 m Tiefe lagert, ist einem riesigen Schwamme vergleichbar, der von Millionen von Poren und kleineren und größeren Wasseradern durchdrungen wird. Wenn niederschlagsreiche Sommer

auftreten, so sind selbst die oberen Deckschichten kaum imstande, die Feuchtigkeit zu beherrbergen, und es ist schon vorgekommen, daß die Getreideernte buchstäblich auf dem Halme verfault ist, trotz der Höhenlage der Felder. Dagegen bringen trockene Sommer regelmäßige gute Ernten; selbst der wegen seiner Niederschlagsarmut für Mitteldeutschland so berüchtigte Sommer des Jahres 1911 lieferte dem Landwirt der nordwestlichen, dem Mittleren Buntsandstein zugehörigen Finne, selten hohe Ernteerträge. Die Finne gilt daher von alten Zeiten her als feucht, das weiß der Landmann am besten, der die Wiesen der flachen Mulden und Gesenke in Drainage nehmen mußte, um von ihnen ein brauchbares Viehfutter zu gewinnen.

Der Wasserhaushalt der einzelnen Quelle kann nur auf Grund zahlreicher, sich möglichst über verschiedene Jahre erstreckende Messungen mit einiger Sicherheit beurteilt werden. Von großer Wichtigkeit für solche Zwecke ist es, gleichzeitige Beobachtungen über Höhe und Häufigkeit der meteorischen Niederschläge im Quellgebiete vorzunehmen. Tabelle III enthält eine zweijährige Ergiebigkeitsreihe[21]) — vom 1. 10. 1911 bis 12. 10. 1913 — für den Heilands-, Gesund- und Brauhausbrunnen und die Schwesterquelle in Bad-Bibra und im Anschluß daran die während dieser 2 Jahre wirklich gefallenen Regenmengen (Station Bibra) auf je 10 Tage zusammengefaßt und die bezüglichen Monatssummen.

Der Heilandsbrunnen

zeigt während der ganzen Beobachtungsdauer immer dieselbe Ergiebigkeit von 66,67 l pro Minute. Seine Wassertemperatur betrug am 26. 3. und 6. 7. 1913 jeweilig 9°, so daß auch im Herbst und Winter kaum größere Schwankungen zu erwarten sind. Der Ueberschuß der Quellentemperatur von 1° über die mittlere jährliche Luftwärme der dortigen Gegend weist darauf hin, daß diese Quelle ihren Sammelbehälter in einer Tiefe von ca. 50

21) Die Messungsergebnisse wurden mir in dankenswerter Weise durch Herrn Maurermeister A. Hennicke-Bibra zur Verfügung gestellt.

bis 60 m hat. Die wechselnden Niederschlagsmengen und deren stark variierender Verbrauch durch Vegetation und Verdunstung im Laufe des Jahres sind nicht imstande, ihre Schüttung zu stärken oder zu schwächen; selbst die außergewöhnliche Regenarmut des Sommers 1911 führte keine Minderung des Wasserertrages herbei. Die in ziemlich bedeutender Mächtigkeit den Quellaustritt überlagernden Gesteinsfolgen wirken wie ein guter Regulator auf die Weitergabe der oberflächlich aufgenommenen Feuchtigkeit nach der Tiefe zu.

Die Schüttung von Quellen, die von Wassern tieferer Gesteinslagen gespeist werden, hält sich mithin auf konstanter Höhe und verläuft in deutlicher Unabhängigkeit von den Niederschlägen.

Der Gesundbrunnen

läßt mit einer bei beiden Messungen gleichen Wassertemperatur von 10 ° ähnliche Verhältnisse vermuten. Seine Schüttung beläuft sich vom 1. 10. 1911 bis 3. 10. 1912 auf 37,5 l pro Minute, fällt dann innerhalb 5 Monaten auf 31,6 l, um dann bis zum Schluß der Reihe denselben Wert beizubehalten. Auch hier kann von einer Beeinflussung der Ergiebigkeit durch die meteorischen Wässer keineswegs die Rede sein; dem langsamen Fallen der Schüttung in den Monaten Oktober 1912 bis Februar 1913 mit normalen Niederschlagsverhältnissen steht die sich gleichbleibende höhere Wasserführung derselben Monate von 1911/12 gegenüber, so daß gerade von den Folgen des regenarmen Sommers 1911 nichts zu spüren ist. Für die Erklärung dieser Eigentümlichkeit erscheint die Angabe des deutschen Bäderbuches über die Temperatur dieser Quelle bemerkenswert; während nämlich beide Messungen unserer Haupttabelle 10° notieren, finden sich dort aus dem Jahre 1874 — 10 — 12,5° angegeben. Damit können bei der Höhe der Quelltemperatur und der Größe der Schwankungen keinesfalls jahreszeitliche Abweichungen gemeint sein. Es liegt nahe, bei der Eigenart — sie kommt aus einer Schichtfuge des Mittleren Buntsandsteins — an eine teilweise allmähliche Verlegung des unter-

irdischen Wassernetzes zu denken. Diese würde aber nicht nur eine merkliche Aenderung der Quelltemperatur, sondern auch eine gleichzeitige Mehrung oder Minderung der Ergiebigkeit zur Folgeerscheinung haben.

Der Brauhausbrunnen.

Die Ergiebigkeitsangaben dieser Quelle beginnen mit dem niedrigsten für sie überhaupt beobachteten Werte innerhalb der vorliegenden Messungsreihe, nämlich mit 14 l pro Minute; darin ist zweifellos eine Beeinflussung der Wasserführung durch die voraufgegangenen fast regenlosen Monate des Sommers 1911 zu erkennen. Von Mitte Oktober ab setzt eine sehr geringfügige Stärkung der Schüttung ein, die aber bis Ende April 1912 eine weitere Kräftigung nicht erfährt, trotzdem der Dezember und Januar mit 54,2 mm bezw. 45,7 mm reichliche Regenfälle brachten. Der bis in ziemliche Tiefe ausgetrocknete Erdboden verschluckte während dieser Periode die Feuchtigkeit wie ein Schwamm, ohne nennenswerte Mengen an den Quellabfluß weiterzugeben. Auch die kleineren Niederschläge des Januar, Februar und März dienen der allmählichen Erholung der Gesteinsmassen von den abnormen Wasserabgaben der voraufgegangenen Zeit und bewirken schließlich eine relative Sättigung derselben; und zwar ist dies umsomehr möglich, weil in den Wintermonaten der Wasserverbrauch durch Verdunstung und Vegetation stark herabgedrückt ist. Erst die letzte Aprilmessung notiert ein weiteres Ansteigen der Schüttung, die schon 14 Tage später eine abermalige Kräftigung bekundet, dieses Mal ein sprunghaftes Gepräge tragend. Die erste Dekade des Mai brachte starke Niederschläge — 29,6 —, die eine unmittelbare Beeinflussung der Quellergiebigkeit unter geringer zeitlicher Verspätung herbeiführten. Letztere findet eine befriedigende Erklärung darin, daß Ende April der Erdboden infolge der winterlichen Niederschläge mit Wasser gefüllt war, sodaß die erhebliche Vermehrung der Bodenfeuchtigkeit durch Oberflächenwasser einen verstärkten Druck auf die darunter liegende Flüssigkeitssäule ausübte, der seinerseits wieder eine baldige Er-

höhung der Schüttung verursachen mußte. Die Ergiebigkeit der neu folgenden Periode — vom 11. 5. bis 24. 7. — repräsentiert mit 19,31 pro Min. das Maximum der Wasserführung. Die hohen Niederschlagsmengen des August — 62,8 mm — vermögen ein schwaches Nachlassen der Schüttung nicht zu verhindern; der Wasserverbrauch durch Vegetation und Verdunstung übersteigt die oberflächliche Flüssigkeitszufuhr; wohl aber äußert dieser regnerische Monat seinen Einfluß in dem nur geringen Schwächerwerden der Quellen. (Vergleiche damit die Folgen des Sommers 1911!). Die Wirkung der Sättigung des Quellbereichs während des Winters und Frühjahres reicht also bei der hohen Wasserzufuhr dieser Zeit bis in den Juli hinein; denn nun erst beginnt eine Umkehr der Verhältnisse. Das nur schwach ausgeprägte Minimum ist in zwei getrennte Teile mit je 16,7 l pro Minute zerlegt; denn die sehr hohen Regenfälle in den ersten Tagen des Novembers haben auf kurze Zeit eine erkennbare Mehrung des Quellertrages erzeugt, der aber bei nachlassenden Niederschlägen wieder auf den vorigen Wert zurückgeht. Das so zerteilte Minimum hat seine Lage im November und Dezember. Von nun ab gibt sich eine ziemliche Stetigkeit in der Wasserführung kund; aus den außerordentlich kleinen, zeitlich weit voneinander eintretenden Schwankungen können kaum weder ein bestimmtes Maximum noch eine deutliche Abhängigkeit von den gefallenen Regenmengen hergeleitet werden. Dieser scheinbare Widerspruch im Verhalten der Quelle innerhalb der beiden Jahresläufe löst sich auf, wenn man berücksichtigt, daß das Jahr 1912 unter dem Einflusse des trockenen Sommers steht, während für die Reihe vom 1. 10. 12 bis 30. 9. 13 durchaus normale Niederschlagsverhältnisse obwalten.

Angesichts der nur kleinen Schwankungen ausgesetzten Wassertemperatur von 8,5—8,7° läßt sich vermuten, daß die Quelle ihr Wasser aus geringerer Tiefe bezieht als der vorher behandelte Heilandsbrunnen; aber immerhin ist eine Lage der untersten Partien ihres Wassernetzes unterhalb der neutralen Schicht höchst wahrscheinlich. Nur die abnorm niedrigen Regenfälle des Sommers 1911 vermögen eine Herabsetzung der

Schüttung herbeizuführen; in ähnlicher Weise — nur in umgekehrter Richtung — kommen die sehr hohen Niederschläge des Mai, Juni und Juli 1912 — 153,3 mm — in einer Steigerung des Wasserertrages zum Ausdruck. Auch darin ist eine gewisse Anomalie zu finden, wenn jene 3 Monate so starke Regenmengen bringen.

Die zweite Hälfte der Reihe verläuft unter normalen Witterungsverhältnissen, eine Tatsache, die in der großen Gleichmäßigkeit der Wasserführung hervortritt. Der Schwerpunkt bei der Beurteilung des Brauhausbrunnens bezüglich des Verhältnisses seiner Ergiebigkeit zum meteorischen Niederschlag liegt demnach darin, daß größere Schwankungen in der Schüttung nur infolge außergewöhnlicher Wetterzustände eintreten können.

Unter Berücksichtigung dieser Einschränkung setzt die Wirkung der oberflächlich aufgenommenen Flüssigkeit mit ziemlich bedeutender zeitlicher Verspätung ein. Hat sich aber der Erdboden bereits beträchtlich mit Feuchtigkeit gesättigt, so vermag eine momentane kräftige Flüssigkeitszufuhr in Gestalt einzelner starker Niederschläge eine meßbare Erhöhung des Wasserertrages einzuleiten. In solchen Fällen ist die zeitliche Verspätung, mit der die letztere vor sich geht, nur klein, etwa 5—10 Tage; genauere Feststellungen darüber fehlen, sind auch wohl kaum ausführbar.

Die Schwesternquelle.

Der jährliche Gang der Ergiebigkeit dieser Quelle trägt einen völlig anderen Charakter als derjenige der drei vorangegangenen Quellen. Vor allem fällt die äußerst scharfe Ausbildung je eines Maximums und Minimums in jeder jährlichen Messungsreihe auf, sodaß die Schüttung, in Gestalt einer Kurve gedacht, einen aufsteigenden und einen absteigenden Zweig darbietet. Aber die Lage der Extremwerte ist in den beiden Jahren durchaus nicht dieselbe. Die Höchstwasserführung tritt bereits das eine Mal Mitte April, das andere Mal erst Anfang Mai ein, sodaß eine zeitliche Differenz von etwa 25 Tagen vorhanden ist. Das Minimum der Schüttung liegt im Jahre 1911

Ende Dezember — Messung vom 29. Dezember 1911 — im Jahre 1912 in der ersten Hälfte des August — Messung vom 10. August 1912 — und 1913 Ende September — Messung vom 26. September 1913 —; das sind Unterschiede von beinahe fünf Monaten. Ein schrittweiser Vergleich der Schüttung der Quelle mit der Höhe der gefallenen Regenmengen lehrt, daß die letzteren für diese Tatsache die Verantwortung tragen.

Infolge der äußerst trockenen Sommermonate des Jahres 1911 nimmt die Ergiebigkeit durch den Herbst hindurch weiter ab; denn auch die Regenmengen des Oktober und November — im Sommer 33,6 mm — sind nicht so erheblich, daß durch sie eine Steigerung in der Wasserhergabe der Quelle zu erwarten wäre. Der selten große Niederschlagsmangel des Sommers hat einen derartig tiefgehenden Feuchtigkeitsverbrauch im Erdboden hervorgerufen, daß die Wirkungen desselben bis in den Dezember hineingreifen. Die letzte Dekade dieses Monats war mit 46,5 mm regenreich genug, um dem Sinken der Schüttung Einhalt zu tun. Eine unmittelbar sich anschließende Niederschlagsmenge von 45,2 mm Anfang Januar leitet die aufsteigende Periode des Wasserertrages ein. Im allmählichen Anwachsen wird mit Mitte April das Maximum für das Beobachtungsjahr 1912 erreicht. Seine frühe Lage erscheint begreiflich, wenn die sich nur auf 45 mm beziffernde Regenhöhe der Monate Februar bis April in Betracht gezogen wird. Durch sie konnte unmöglich eine vollwertige Sättigung der das Quellgebiet speisenden Schichtenfolgen — auch bei dem verminderten Vegetationsverbrauch und der stark herabgesetzten Verdunstung des Winters — bewirkt werden. Immerhin hält sich die Wasserführung auch während des Mai und Juni auf ansehnlicher Höhe, die wiederum aus der Beziehung zum Niederschlag herzuleiten ist. Brachten doch beide Monate die stattliche Regenmenge von 111,8 mm! Auch im Sommer fiel ergiebiger Regen, dessen Stärke im August besonders auffällt. Die unmittelbare Einwirkung der Augustniederschläge auf den Wasserertrag der Schwesternquelle gibt sich darin zu erkennen, daß das Minimum der Schüttung dieses Jahres innerhalb dieses Monats liegt und ein schwacher Auf-

stieg einsetzt, in dem sich trotz der warmen Jahreszeit kein späterer Rückgang bemerkbar macht, — eine Folge des Regenreichtums des Septembers. Mit fortschreitendem Herbst und beginnendem Winter erholen sich die wasserführenden Schichten zusehends von der Feuchtigkeitsausgabe des Sommers, sodaß das Jahr 1913 mit mehr als doppelt so hoher Schüttung, als diese Anfang 1912 betrug, beginnt. Bis Ende März fielen dann Regenmengen von insgesamt 69 mm — d. i. ein Plus von 24 mm gegen dieselben Monate des Vorjahres —, die einer Wasserstärkung des Quellgebietes zugute kommen mußten. Diese Tatsache findet einen markanten Ausdruck in der Hinausschiebung der Maximalwasserführung in den Mai, eine Verlegung gegen 1912 um rund 25 Tage. Der ärmliche Regenertrag des April mit 14,2 Millimetern bleibt ohne Einfluß auf die Schüttung, in der erst eine Abnahme infolge der noch größeren Regenarmut des Mai — 9,5 mm — einsetzt. Soweit die Beobachtungsreihe einen Schluß zuläßt, wird Ende September der untere Extremwert für das Jahr 1913 erreicht.

Aber nicht nur die Lage des Maximums und Minimums der Quellschüttung während jedes Jahreslaufes wird durch die Niederschlagsmengen bedingt, sondern auch ihre Größenwerte sind durch diese bestimmt.

Im Trockenjahr 1911 beziffert sich die Niedrigstergiebigkeit auf 1,5 l pro Minute, im regenreichen Jahr 1912 auf 3,4 l und im Normaljahr 1913 wahrscheinlich auf 3,2 l.

Gelegentlich der Diskussion über die Temperatur der Quellwässer des Beobachtungsgebietes wurde die Schwesternquelle als flachgründig bezeichnet; ihr Sammelbereich liegt voraussichtlich noch innerhalb der neutralen Schicht, nahe ihrer Grenze, sodaß ihm eine Tiefenlage von rund 20 m zuerkannt werden dürfte. Die Schwesternquelle kann als ein Schulbeispiel dafür angesehen werden, in wie hohem Maße flachgründige Quellen unter dem Einfluß der meteorischen Niederschläge stehen.

Schon eine flüchtige Nebeneinanderstellung der vier obigen Quellen hinsichtlich der Beziehung ihrer Schüttungen zu den

oberflächlich ihren Nährgebieten zugeführten Feuchtigkeitsmengen beweist unzweideutig, daß je tiefer die Wurzeln des Quellsystems in die Erdschichten hinabreichen, ein mehr und mehr konstanter Wasserertrag sich herausbildet.

6.

Quellbereiche.

Die Geognostischen Jahreshefte des Kgl. Bayrischen Oberbergamts in München veröffentlichen in den Jahrgängen 1907 und 1908 zwei Arbeiten von Adolf Schwager, die einen erstmaligen Versuch darstellen, für einzelne bestimmte Quellen[22]) und[23]) den Bereich näher abzugrenzen. Nach Schwager ist „der Bereich der Quelle der gesamte Bodenkörper, aus welchem irgend ein natürlicher Zufluß nach der Austrittsstelle einer Quelle hin stattfindet." Gestalt und Ausmaß dieses von dem unterirdischen Wassernetz durchsetzten Gebietes entziehen sich unserer Beobachtung, sodaß es nur mittels gewisser Schlußfolgerungen, die sich an für unsere Sinne zugängliche Dinge knüpfen, möglich wird, eine mehr oder weniger genaue Umgrenzung desselben zu konstruieren. Wenn es bisweilen gelingt, die Tagfläche des Nährkörpers ziemlich genau herauszubringen, so wird der Versuch, die Seiten- und Tiefengrenzen festzulegen, im allgemeinen auf größere Hindernisse stoßen. Als unerläßliche Grundlagen für ein nach dieser Richtung hin ersprießliches Arbeiten müssen folgende Einzelheiten herangezogen werden:

1. Sichere Kenntnis der Geologie der engeren und weiteren

---

22) Jahrgang 1907, Seite 245 bis 255 „Ueber den Schutz der Heilquellen zu Bad-Steben und von Langenau gegen schädigende Einwirkungen von Grab- und Bohrarbeiten.

23) Jahrgang 1908, Seite 213 bis 226, Hydrogeologische Beobachtungen zur Feststellung des Quellbereiches der Wasserversorgung für die Stadt Lichtenfels.

Umgebung des Quellgebietes und der sich daraus ergebenden Folgerungen für die Genesis der Quelle,

2. die Oberflächengestalt des Geländes und der Verlauf der Wasserscheiden,

3. die chemische Beschaffenheit des Quellwassers,

4. seine Temperatur,

5. die Ergiebigkeit der Quelle (tunlichst in mehrjähriger Beobachtungsreihe) und

6. Gang und Menge der Niederschläge für die betreffende Landschaft.

Das sind durchweg Feststellungen, die in der vorliegenden Studie über die Quellen der Schmücke, Hohen Schrecke und Finne enthalten sind und in eingehender Weise diskutiert wurden.

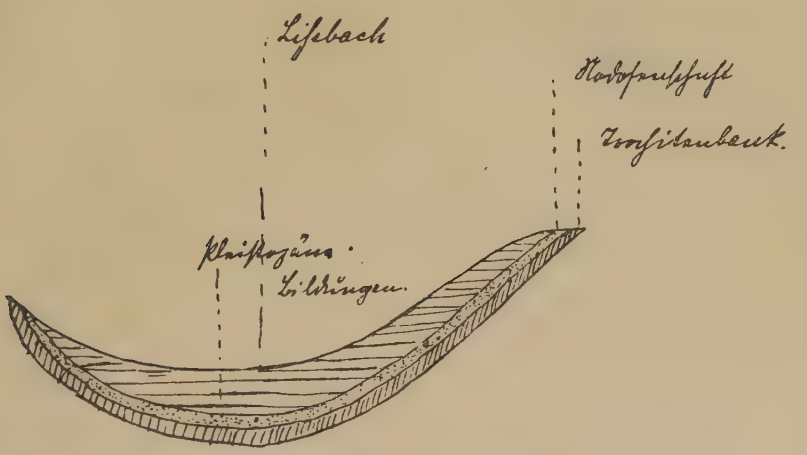
Mit Hilfe dieses Materials soll versucht werden, für einzelne Quellen des Beobachtungsgebietes die Nährkörper abzugrenzen, und im Anschluß daran, allgemeine Gesichtspunkte für die Umrahmung eines Quellbereiches zu gewinnen.

1. Wasserleitungsquelle des Dorfes Rehehausen.
(Nr. 140 der Haupttabelle.)

Gelegentlich der geologischen Betrachtung wurde hervorgehoben, daß die Quelle Nr. 140 an der tiefsten Stelle einer Schichtmulde der Muschelkalkformation, die von pleistozänen Erdmassen erfüllt ist, heraustritt. Der Ausstrich der verschiedenen Kalkschichten kann deutlich auf den durch Aufbiegung der Muldenränder entstandenen Höhen verfolgt werden; das gilt namentlich für die Trochitenkalke, die hier im beschränkten Maße als Wasserstauer fungieren. Alles meteorische Wasser, das innerhalb des von den letztgenannten Kalken geformten Rahmens der Mulde fällt und von ihnen aufgehalten wird, sofern es nicht bereits durch Verdunstung und Vegetation aufgezehrt wurde, muß sich dem Gesetz der Schwere gemäß der tiefsten Stelle der Mulde zu bewegen. Damit ist eine scharfe Begrenzung des westlichen Flügels des Einzugsbereiches sämtlicher in jener

Schichtmulde entspringenden Quellen gegeben. Das Profil A — durch einen gelben Strich in die Karte eingezeichnet — veranschaulicht die Wasserbewegung in diesem Teil der Mulde, deren tiefste Linie schon äußerlich durch den Lauf des Lißbaches in die Augen fällt.

Profil A.



Maßstab: 1 : 50 000.
zehnfach überhöht.

Die Ostgrenze hebt sich nicht so klar ab; sie ist aber auf Grund des Verlaufes der Wasserscheide, der einige seit dem trockenen Sommer 1911 nur im Frühjahr oder bei starken Regenfällen fließende Bäche gehorchen, ebenfalls ziemlich gut zu verfolgen. Sie verläuft jenseits der Dörfer Hassenhausen und Spielberg. Das so umzogene Gebiet muß als äußerer Bereich der Quelle Nr. 140 angesehen werden. (Auf der Karte durch eine rotpunktierte Linie kenntlich gemacht.) Die kleineren Quellen der Mulde, die als Hungerquellen nur vorübergehend fließen oder z. T. der Wiesendrainage ihr Dasein verdanken, kommen sämtlich höher heraus als jene. Drei auf der Wasserscheide Spielberg—Hassenhausen gelegene Quellen der ersteren Art entspringen

235, 215 bezw. 230 m hoch. Verschiedene weitere kleinere, nicht aushaltende Quellen in der Senkung zwischen den Siedlungen Lißdorf, Poppel, Tangwitz und Gernstedt haben Höhenlagen von 205 bis 190 m. Wenn nun der Austritt der Quelle Nr. 140 nur 180 m hoch liegt und damit der tiefstgelegenste Quellort der ganzen Schichtmulde gegeben ist, so folgt daraus, daß alles unter 190 m und über 180 m Höhe sich erstreckende Terrain das alleinige Einzugsgebiet derselben sein muß. Zweifellos geben auch höher befindliche Partien, die zwischen den kleineren Quellstellen zungenförmig hinaufreichen, ihr gesamtes Wasser an die Quelle Nr. 140 ab. Dieser Teil des Einzugsgebietes, der als der innere Bereich zu bezeichnen wäre, ist nur mäßig genau abzugrenzen. (Auf der Karte mittels einer ausgezogenen roten Linie hervorgehoben.) Alle auf oder oberhalb der 190 m-Isohypse austretenden Quellen sind durch eine dürftige Ergiebigkeit charakterisiert und waren fast durchweg bereits Anfang Juni wasserlos. Aus beiden Umständen geht aber hervor, daß sie längst nicht alles Wasser, das jenseits ihrer Austritte bewegt wird, zutage bringen, vielmehr muß die Quelle Nr. 140 nicht allein während der Zeit, wo jene Quellen versiegen, sondern auch sonst teilweise von dem dort fallenden meteorischen Wasser gespeist werden. Während also in der feuchten Jahreszeit ein äußerer und innerer Einzugsbereich klar in die Erscheinung tritt, findet im Sommer und Frühherbst eine Verschmelzung beider statt, sodaß dann die gesamten Wasser der Schichtmulde nur die Quelle Nr. 140 versorgen. Ein Blick auf die Größe des wasserspendenden Areals, das etwa 18 qkm umfaßt, lehrt, daß alle dortigen Quellen zusammengenommen bei weitem nicht alles in dem Gesamtbodenkörper zirkulierende Wasser hervorbringen können. Zur Speisung einer Quelle mit einem sekundlichen Wasserertrag von 1 l würde eine Tagfläche von 0,75—1 km² völlig genügen, wenn eine wassersperrende Schicht den Abzug der meteorischen Wässer nach der Tiefe verhinderte. Von den Trochitenkalken wird diese Aufgabe nur in sehr beschränktem Maße erfüllt; daraus erklärt sich bei der großen Flächenausdehnung des Einzugsgebietes die geringe Schüttung der Quelle 140.

Ihre hohe Temperatur während der Sommermonate (8,6°—9°), ebenso die der kleineren Quellen (9°—9,5°) und die Wärmezunahme um 0,4°—0,5° von Anfang Juni bis Ende Juli beweisen, daß hier ein sehr flacher Grundwasserstrom vorliegt, der stark von der Außentemperatur beeinflußt wird. Die darin begründete höhere Verdunstungsmöglichkeit muß ebenfalls als schwächend für die Ergiebigkeit in die Wagschale fallen. Der gesamte wasserführende körperliche Nährbereich ist mithin durch eine wenig mächtige Tiefenausbildung charakterisiert, der ein weites horizontales Ausmaß der Einzugsfläche gegenübersteht. Als Grenze des Nährkörpers nach der Tiefe zu müssen die Trochitenkalke gelten.

Eine schematische Darstellung der Einzugsbereiche von Quellen, die eine gleiche oder ähnliche Enstehungsweise wie die Quelle Nr. 140 haben, gestaltet sich folgendermaßen:

I. Nährfläche:

a) äußere, gut abgegrenzt durch den oberflächlichen Ausstrich der wasserstauenden Schicht oder durch die Wasserscheide,

b) innere, weniger klar festlegbar, im wesentlichen unterhalb der höher herauskommenden Quellen gelegen,

c) Verschmelzen zu einer Nährfläche im Sommer und Frühherbst nach dem Versiegen der letzteren.

II. Nährkörper (Bodenkörper, eigentlicher Quellbereich), große horizontale, geringe vertikale Ausbildung.

2. Der Hainborn bei Wiehe.
(Nr. 60 der Haupttabelle.)

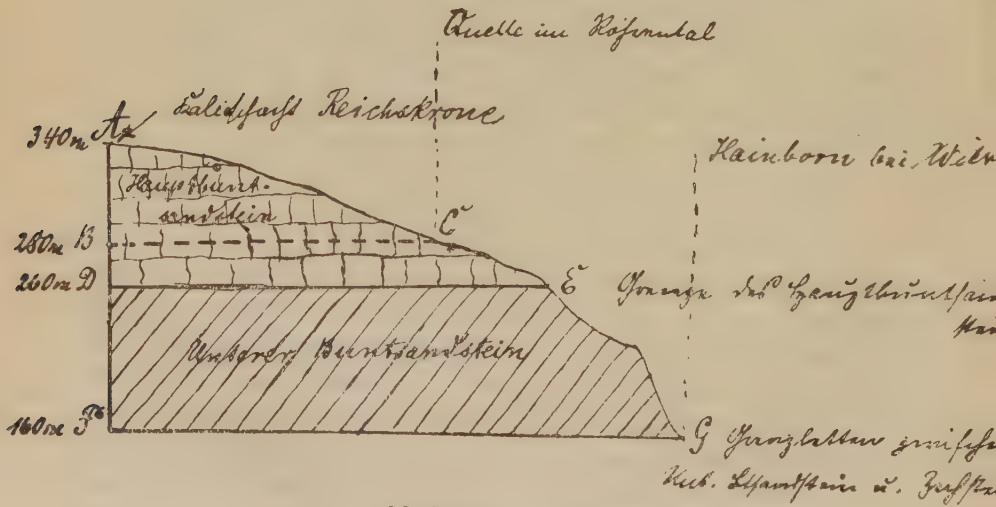
Die Grenzletten zwischen Unterem Buntsandstein und Zechstein geben die Veranlassung für die Entstehung eines klar ausgeprägten Quellhorizontes am Nordwestfuße der Finne, dem auch der Hainborn bei Wiehe zugehört. Charakteristisch für letzteren sind die söhlige Lagerung der wasserführenden und wassersperrenden Schichten, eine ziemlich gleichmäßige Wassertemperatur während des ganzen Jahres, eine Härte von 6,0—6,30 und eine Durchschnittsergiebigkeit von 4 l, die nur geringfügige

Schwankungen erleidet. Die untere Abgrenzung des Nährkörpers ist auf das bestimmteste ausgeprägt durch die bereits erwähnten Grenzletten. Daß durch diese bedeutende Wassermengen aufgestaut werden, zeigt die Zusammenstellung der beim Durchteufen des Kalischachtes „Reichskrone" bei Lossa, der etwa 5000 m südlich vom Hainborn fast genau auf der Wasserscheide liegt, durch Pumpwerke geförderten Wassermassen (siehe Seite 119). In einer Tiefe von 178,5 m wurde das Maximum mit 5000 l pro Minute erreicht. Mit dieser Tiefe stimmt die Lage der Austrittsstellen des ganzen Quellhorizontes, also auch der des Hainborns, genau überein; denn der Tagrand des Einfuhrschachtes liegt rund 340 m hoch, während alle jene Quellen 160 Meter hoch, also 180 m tiefer, entspringen. Diese Tatsache bestätigt außerdem die bereits bei der geologischen Erörterung vorgetragene Erkenntnis einer söhligen Lagerung der Schichten des Unteren Buntsandsteins (siehe auch Profil B.).

Die Begrenzung des körperlichen Quellbereiches vom Hainborn soll das Profil B erläutern.

(Für dessen Verlauf siehe Karte!)

Profil B.



Maßstab: 1 : 50 000.
fünffach überhöht.

In Punkt C tritt die Quelle im Röhrental, in Punkt G der Hainsborn zutage. Die Linie D E markiert die Grenze zwischen Unterem und Mittlerem Buntsandstein. Alles meteorische Wasser, das die Strecke C. E. G. benetzt, dient der Wasserführung des Hainborns, während die oberhalb C (also von A bis C) fallenden Wässer teilweise der Quelle im Röhrental tributär sein müssen. Angesichts der Klüftigkeit der Gesteine des Mittleren Buntsandsteins und der schon im Juli aufhörenden Schüttung der Quelle steht fest, daß ein beträchtlicher Teil des A C bewässernden Niederschlages der Wasserführung des Hainbornes zugute kommen muß. Es sind in diesem Falle zwei Quellbereiche teilweise übereinander gelagert, wobei ein Hineingreifen des unteren in den oberen stattfindet, sodaß eine strenge Grenzführung in der Vertikalen nach oben nicht ausführbar ist. Sobald aber die Quelle im Röhrental versiegt, vereinigt sich A C mit C G zu einem einheitlichen Nährbereich, der lediglich die Wasserversorgung des Hainborns betreibt. Beim Quellbereich der Quelle Nr. 140 konnte eine horizontale Durchdringung bezw. Verschmelzung des äußeren und inneren Einzugsgebietes konstatiert werden; hier aber gehen die Nährkörper zweier übereinander liegender Quellen ineinander auf.

Bei weitem schwieriger gestaltet sich die Lösung der Frage nach der Umgrenzung der Nährfläche. Nach Süden zu stellt die Wasserscheide, die recht scharf infolge der nach Norden und Süden abfließenden kleinen Bachläufe hervortritt, die Grenze dar. Im Norden gibt die 160 m-Isohypse, auf der der Hainborn herauskommt, gewisse Fingerzeige; denn alle tieferliegenden benachbarten Geländeteile sind naturgemäß von der Wasserspende für die Quelle Nr. 60 ausgeschlossen. Für die Feststellung der Ost- und Westgrenze leisten namentlich zwei Punkte Helferdienst, nämlich

1. Die Ablaufsrichtung der Quellwässer des Hauptbuntsandsteins und der Oberflächenwässer und

2. ein Vergleich mit den Schüttungen der nächstbenachbarten Quellen des Unteren Buntsandsteins. Bei der söhligen Lagerung der Schichten kann man unbedenklich von der ober-

flächlichen Abwässerung des Gebietes auf eine ähnliche Wasserzirkulation in der Tiefe schließen. Die hohe Gesamtergiebigkeit der östlich gelegenen Quellen des Dorfes Allerstedt mit rund 20 l erfordert ein großes Nährgebiet, sodaß das des Hainborns nur wenig weit nach Osten auslegen kann. In entgegengesetzter Richtung ist eine viel größere Entwickelung desselben nicht nur gut denkbar, sondern auch wohl begründet, weil die beiden Hechendorfer Gutsquellen (Ergiebigkeit nicht meßbar, ein Rohrsystem leitet von beiden das Wasser unterirdisch in einen benachbarten Teich ab) nur einen wasserarmen, den Teich entwässernden, kurzläufigen Bach speisen, also nur von geringer Schüttung sein können. Die horizontale Grenzlagerung des Quellbereichs vom Hainborn entbehrt demzufolge nicht einer gewissen Willkür, weil es an völlig zuverlässigen Momenten fehlt und bei der söhligen Ausbildung der Gesteinslagerung ein weitgehendes Ineinanderübergehen der unterirdischen Gerinne anstoßender Nährbereiche vorausgesetzt werden muß.

Zusammenfassendes Gesamtbild bei söhliger Lagerung:

I. Nährfläche:

a) Ziemlich sichere Grenzführung durch Verlauf der Hauptwasserscheide und Isohypse des Quellaustritts.

b) Unsichere gegenüber sonst anstoßenden Nährgebieten. Tagesgerinne, Oberflächengestalt des Geländes und Schüttung der Nachbarquelle geben beschränkte Anhaltepunkte.

II. Nährkörper: Mächtige Tiefenentwickelung. Alleiniger Bodenkörper unterhalb der höher gelegenen Quellen (innerer Bodenkörper). Teilweise Speisung durch das Nährgebiet jener (äußerer Bodenkörper). Genaue Abgrenzung in der Tiefe durch wasserstauende Schichten. Undeutliche Begrenzung in der Höhe. Verschmelzung beider Quellbereiche zu einem in der warmen Jahreszeit.

3. Die Quellen Nr. 53 bis 59 der Haupttabelle. An die Behandlung des Einzugsgebietes vom Hainborn bei Wiehe schließt sich zweckmäßig die Betrachtung des Nährbereiches der Quellen Nr. 53 bis 59 an. Dieses wird hier als Einheit aufgefaßt, weil es, allein aus Schichten des Hauptbuntsandsteins zusammengefügt,

in seiner Gesamtheit den Nährkörper des Hainborns zu einem großen Teile überlagert und weil die Trennung in Einzelgebiete der Flächenausdehnung nach mit großen Schwierigkeiten verknüpft ist. Wenn letztere vorgenommen werden soll, so gewährt nur die Oberflächengestalt des Geländes, in dem neben der Hauptwasserscheide noch lokale Wasserscheiden ausgebildet sind, einigen Anhalt. Auf Grund der Ergiebigkeit der Einzelquellen, die durch starkes Nachlassen, meist sogar durch gänzliches Versiegen im Sommer gekennzeichnet sind, lassen sich keinerlei zuverlässige Schlüsse über die Größe und Erstreckung der Einzelnährbereiche ziehen. Auch daraus, daß diese sechs Quellen als Schicht-, Kluft- und Fugenquellen definiert worden sind, folgert, daß eine klare Verfolgung der wasserzuleitenden und wasserführenden Kanäle ausgeschlossen ist. Bezüglich der Grenzlegung nach der Tiefe zu sei an das erinnert, was gelegentlich der Quelle Nr. 60 über deren Höhenabgrenzung gesagt wurde. Die Linie A C (siehe Profil B) bringt zum Ausdruck, wie weit der Bodenkörper dieser sechs Quellen möglicherweise zur Tiefe hinabgehen kann.

Zusammenfassung:

N ä h r f l ä c h e : a) Einheitlicher Nährbereich für mehrere Quellen, Trennung in Einzelgebiete nicht durchführbar.

b) Sehr ungenaue Abgrenzung, Hauptwasserscheide und lokale Wasserscheiden, die Ergiebigkeit nicht brauchbar.

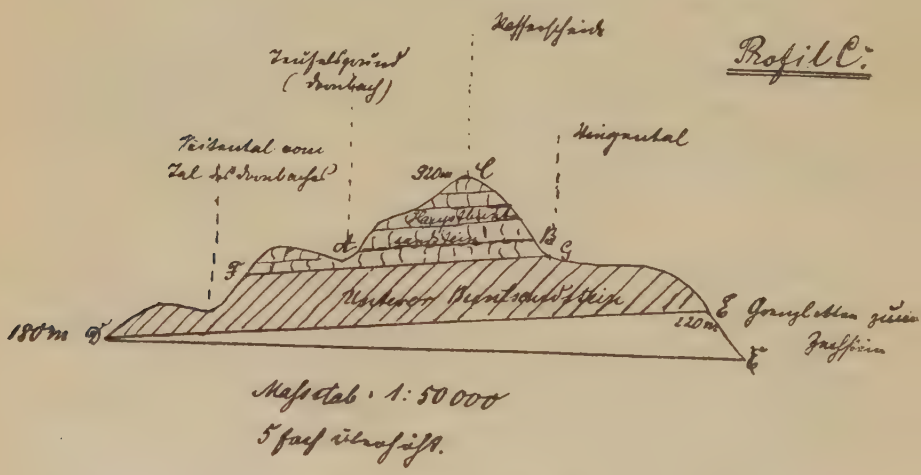
N ä h r k ö r p e r : Deutliche Begrenzung des möglichen Einzugsbereiches nach der Tiefe zu.

4. Der Teichborn und der Riedborn in Lundershausen. (Quelle Nr. 20 und 21 der Haupttabelle.)

Beide Quellen entspringen am Südfuße der Hohen Schrecke in einer Entfernung von kaum 200 m von einander in der gleichen Höhe von 175 m. Sie beziehen ihre Wässer von dem bewaldeten Kamm der Hohen Schrecke; ihre Härte zeigt mit 7,55 bis 7,83 ^{0} und ihre Temperatur mit 9,1^0 bis 9,3^0 sehr große Uebereinstimmung. Ihre Einzugsbereiche stellen aus diesen Gründen ein aus-

gesprochen einheitliches Gebiet dar, das nicht ohne Künstelei und Willkür auf beide Quellen zu verteilen ist. Auch die Radioaktivität mit 0,99 und 1,08 M. E. weist auf eine klar hervortretende Gemeinsamkeit des wassergebenden Bodenkörpers beider Quellen hin. Ihre Nährgebiete sollen daher hier als eine Einheit zur Darstellung gelangen. Die Bedingungen, unter welchen beide Quellen zustande kommen, sind ähnliche wie beim Hainborn in Wiehe, sodaß die dort entwickelten Verhältnisse bis zu einem gewissen Grade zutreffen, nämlich: Unterer Buntsandstein, als Wasserstauer die unteren Grenzletten, gemeinsames Einzugsgebiet mit höher herauskommenden Quellen und alleiniger Nährbereich unterhalb dieser.

(Siehe Profil C!)



Maßstab: 1 : 50 000.
fünffach überhöht.

Der Fundamentalunterschied liegt in der Art der Schichtenlagerung, dort söhlig, hier ein schwaches Einfalten nach Süden unter einem Winkel von rund 5°. Das Profil C, das genau von Südwesten nach Nordosten, beim Riedborn in Lundershausen beginnend, durch den Kamm der Hohen Schrecke gelegt ist,

gibt ein Bild von dem geologischen Aufbau dieses Höhenzuges. Auf der Linie D. E., welche die Lage der wassersperrenden Grenzletten des Unteren Buntsandsteins veranschaulicht, geht trotz des nur kleinen Einfallwinkels eine intensive nach Südwesten gerichtete Wasserbewegung vor sich. Sie findet ihren lebhaften Ausdruck in der hohen Schüttung beider Quellen, die sich insgesamt auf 18 bis 19 l beziffert. Damit ist eine sichere Abgrenzung des wasserspendenden Bodenkörpers nach der Tiefe zu gewährleistet. Nach oben hat der Quellkörper keinen so deutlichen Abschluß, weil er in die Bereiche der Quellen des Laub- und Dornbaches hineinragt. Hier wiederholen sich dieselben Verhältnisse wie beim Hainborn, nur daß die Schichten des Mittleren Buntsandsteins, in denen die Grenzführung verläuft, denen des Unteren konkordant auflagern und darnach eine schwache Steigung nach Südwesten erkennen lassen. Bei dem Reichtum des Hauptbuntsandsteins an Fugen und Klüften tritt dieses Merkmal sehr in den Hintergrund und wird für die Wasserführung fast ganz bedeutunglos.

Um die Nährfläche zu umgrenzen, verdient zunächst hervorgehoben zu werden, daß die Austritte beider Quellen an der tiefsten Stelle des von Nordosten, Osten, Süden und Südwesten teilweise ziemlich steil dorthinwärts abfallenden Geländes liegen. Nur im Nordwesten senkt sich die Landschaft dem Helderbache folgend, allmählich dem Unstrutlauf zu. Das nach Südwesten zunehmende Einfallen der Schichten schließt alles Gebiet, das in dieser Richtung jenseits beider Quellen liegt, von deren Nährbereich aus. Die Isohypse der Austrittsstellen — 175 m hoch — muß also als mögliche südliche Abgrenzung angesehen werden. Nur ein kleiner Anteil an der Nährfläche ist den nordwärts vom Quellort sich erstreckenden Höhen der Hohen Schrecke zuzuerkennen, weil das darin beherbergte Wasser den tieferliegenden Partien des Heldertales zudrängt. Mit Rücksicht auf die beträchtliche Ergiebigkeit — 18 bis 19 l —, die einen größeren Einzugsbereich voraussetzt, bleibt daher nur de Möglichkeit offen, daß dieses seine größte Ausdehnung nach Nordosten und Osten zu besitzt. Der von Nordwesten nach

Südosten verlaufenden Wasserscheide fällt keine entscheidende Rolle für die nordöstliche Umgrenzung des Quellbereiches zu; vielmehr greift dieser infolge der südwestlichen Schichtenneigung ziemlich weit darüber hinaus. Das oberflächliche Ausstreichen der Grenzletten des Unteren Buntsandsteins ist bestimmend für die nordöstliche Grenzführung der Einzugsfläche. Für die Ostgrenze kommen außer der bereits erwähnten reichlichen Schüttung der Quellen lokale Wasserscheiden in Frage; beide vermögen aber nicht über die starke Unsicherheit, die sich gerade bei dieser Grenzbestimmung geltend macht, hinwegzuhelfen, sodaß für Willkür und Wahrscheinlichkeit ein ziemlich weiter Spielraum bleibt. Nur unter diesem Vorbehalt ist die auf der Karte eingezeichnete Ostgrenze zu betrachten.

Kurze Charakteristik des Quellbereichs bei schwach geneigter Schichtenlagerung.

I. Nährfläche: a) Bedeutung der Hauptwasserscheide für die Grenzlegung fällt weg. Der oberflächliche Ausstrich des wasserstauenden Gesteins übernimmt ihre Rolle.

b) der Quellaustritt tiefste Stelle.

c) Seitliche Abgrenzung gegen benachbarte Quellbereiche nicht genau möglich, Schüttung der bezw. Quelle und ihrer Nachbarinnen und lokale Wasserscheiden bieten einige Richtlinien.

II. Nährkörper: Große Tiefenentwicklung, innerer und äußerer Quellbereich. Scharfe Grenzführung nach der Tiefe zu. Unsichere Abgrenzung gegenüber einem überlagerten Quellbereich.

5. Quelle am Weinberg bei Hemleben.
(Nr. 7 der Haupttabelle.)

Die unter 30 bis 40° nach Südwesten einfallenden Schichten der Muschelkalkformation werden an dieser Stelle durch ein kleines ziemlich steilwandiges Erosionstal angeschnitten, sodaß die Entstehung der Quelle Nr. 7 begreiflich wird. Da sie ungefähr 195 m hoch entspringt, kann nur der teilweise bewaldete Steilrücken der Schmücke, der den Quellaustritt um 60 bis 75 m überragt, als Nährgebiet in Frage kommen. Auf dem unter-

lagernden Röt fließt wenigstens ein gewisser Teil des im Muschelkalk zirkulierenden Wassers entlang; damit ist die Tiefenabgrenzung des Nährkörpers auf das bestimmteste festgelegt. Die Oberflächengestalt des Geländes gibt die ebenso deutliche Grenze in der Höhe wieder, weil höher herauskommende Quellen fehlen. Bezüglich der Nährfläche gilt im Nordwesten die Rötgrenze als scharf ausgesprochene Scheide, während nach Südwesten zu nur alles Gebiet über der 195 m-Isohypse als denkbare Einzugsfläche anzusehen wäre. Der Mangel lokaler Wasserscheiden, die von einigem Werte für die seitliche Grenzlegung sind, wird durch kleine Tälchen, die den Südwestabhang der Schmücke zergliedern, ausgeglichen, sodaß mit ihrer Hilfe eine wahrscheinliche Ost-Westgrenze auf der Karte eingezeichnet ist. Die Nährfläche umfaßt darnach kaum 1 km². Angesichts der geringen Ergiebigkeit der Quelle Nr. 7 von 0,25 l und mit Rücksicht auf die Eigenart des Muschelkalkes muß dieses Gebiet als angemessen für die Wasserzuführung bezeichnet werden. Auch das Zurückgehen der Schüttung von 0,25 l im Mai bis auf 0,08 l im Juli spricht unzweideutig für die Kleinheit des Nährgebietes. Eine schematische Darstellung derartiger kleiner Schichtquellen der Muschelkalkformation deckt sich fast völlig mit der für die Quellen Nr. 20 und 21 angegeben. Die einzige Unterscheidung tritt in der Größe des Einzugsgebietes hervor. Die Beschaffenheit des Kalkgesteins und die beschränkte wassersperrende Fähigkeit des Röt erfordern eine relativ größere Nährfläche, als diese beim Unteren Buntsandstein nötig war. Bezüglich eines knappen Schemas für einen Quellbereich bei stärker geneigter Schichtenlagerung kann daher auf den Schluß der Ausführungen über die Quellen Nr. 20 und 21 verwiesen werden.

6. Die Quellen des Biber- bezw. Saubachtales. (Nr. 83 bis 99 der Haupttabelle.)

Diese 16 Quellen entspringen sämtlich im Mittleren Buntsandstein des Biber- bezw. Saubachtales und treten auf einer Längsstrecke von 4500 m zu beiden Seiten des Baches zutage. Mit Ausnahme des Bohrloches bei der Leitholdschen Mühle —

Nr. 98 —, das artesisches Wasser führt, wurden sie alle als Schichtquellen beschrieben. Als Gesamtnährgebiet kommen in Frage:

1. das im Norden des Bachlaufes sich erstreckende Plateau von Altenroda,

2. die nach Südosten davon gelegenen Buntsandsteinmassen, vielleicht auch die weiter im Süden auf diese aufgesetzten Muschelkalkhöhen und

3. ein zwischen der Stadt Bibra, dem Saubach auf der einen und dem Steinbach auf der anderen Seite befindliches Gelände. Zum ersten Gebiet ist zu bemerken, daß auch die Quellen Nr. 65, 115 und 117 im Norden und Nordosten ihr Wasser aus ihm beziehen. Bei der dort vorhandenen geringen Schichtenneigung nach Südosten fällt die Bedeutung der Wasserscheide für die Aufteilung des Plateaus auf die südöstliche und nördliche Quellgruppe fort. Da weiterhin der oberflächliche Ausstrich der Schichten des Hauptbuntsandsteins durch überlagernden Löß vollständig verdeckt ist, so kann die Beteiligung dieses Geländes an der Speisung der Quellen des Bibertales auch nicht einigermaßen genau abgegrenzt werden.

Ebenso unsicher liegen die Verhältnisse bezüglich der Südgrenze bei der Teilnährfläche Nr. 2. Hier fehlt jedes Moment, das einen zuverlässigen Schluß darüber ermöglicht, wie weit das Einzugsgebiet nach Süden ausgreift. Aus der recht verschiedenen Härte der Quellwässer kann nur geschlossen werden, daß für einige nur die mit Löß überkleideten Lagen des Hauptbuntsandsteins (z. B. Nr. 97), für andere aber auch die Muschelkalkregion (z. B. Nr. 86 und 87) als Nährbereiche in Betracht kommen. Vom 3. Nährgebiet wird man ungefähr die eine Hälfte den Quellen im Tale des Steinbaches und die andere denen im Tale des Saubaches zuerkennen können, wobei der Verlauf der Wasserscheide ziemlich klaren Aufschluß über den Gang der Grenze gewährt.

Wenn die Grenzbestimmung für den Gesamteinzugsbereich aller dortigen Quellen an dem Mangel verläßlicher Einzelheiten scheitern mußte, so gilt dies erst recht für die Verteilung der

Quellen auf obige drei Einzugsgebiete. In der Mehrzahl der vorliegenden Fälle läßt es sich nicht einmal einwandfrei feststellen, von welchem Ufer des Baches jede einzelne Quelle ihr Wasser herleitet. Die Lage der Quelle zum Ufer des Baches ist dafür durchaus nicht ausschlaggebend. So konnte bei Quelle Nr. 99, die links vom Biberbach entspringt, genau beobachtet werden, daß das Wasser unterhalb des Baches von den Höhen des jenseitigen Ufers zuströmt. Bei Nr. 92 liegt der Quellaustritt auf einer Wiese, die von zwei Armen des Saubaches umspült wird.

Während bei den vorher erörterten Quellbereichen die Härte, die Temperatur, teilweise auch die Radioaktivität wertvolle Hinweise für die Entstehung der Quelle lieferten, versagt dieses Mittel hier völlig; denn eine gewisse Gleichartigkeit mit Bezug auf diese drei Punkte ist nur bei den Quellen Nr. 86 und 87 ersichtlich. Wie hohe Unterschiede sonst ausgebildet sind, zeigen am markantesten die Extremwerte, die sich bei der Härte auf 6,57 und 11,38°, bei der Temperatur auf 7,8 und 12,3° und bei der Radioaktivität auf 0,60 und 8,79 M. E. stellen.

Für die 16 Quellen des Biber- bezw. Steinbachtales muß demzufolge davon abgesehen werden, weder ein gemeinschaftliches Nährgebiet noch Teilbereiche abzugrenzen.

Die im Vorstehenden enthaltenen Auseinandersetzungen über die Abgrenzung der Einzugsbereiche einzelner Quellen lassen sich dahin verallgemeinern, daß es nicht für alle Quellen möglich ist, einigermaßen genaue Nährgebiete festzulegen. Nur in wenigen Fällen wird man in der Lage sein, über die Herkunft des Wassers unzweideutige Auskunft zu geben und damit den Nährkörper klar zu bestimmen. Bei einer überwiegenden Mehrzahl von Quellen ist indessen die Möglichkeit vorhanden, aus den chemischen, physikalischen und geologischen Faktoren und aus dem Verlaufe der Wasserscheiden eine ungefähre Konstruktion des Gebietes, aus dem die Quelle ihr Wasser bezieht, herzuleiten. Bisweilen wird man sich damit begnügen müssen, die Bereiche

mehrerer engbenachbarter Quellen zu einer Einheit zusammenzufassen, namentlich dann, wenn ihre Wässer gleiche oder nahezu gleiche Härte, Temperatur und Radioaktivität haben. Schließlich muß noch eine Kategorie von Quellen erwähnt werden, bei der eine auch nur annähernd richtige Grenzführung bezüglich des Nährkörpers völlig unausführbar ist. Hierbei ist besonders an solche Quellen zu denken, die durch Störungen innerhalb der Erdkruste verursacht sind, deren Existenz sich aber weder durch den oberflächlichen Schichtausstrich noch durch natürliche oder künstliche Aufschlüsse nachweisen läßt, und an solche, die juveniles oder ein Gemisch von juvenilem und vadosem Wasser führen.

Tabellen

zu

„Quellenstudien im Bereiche der Schmücke, Hohen Schrecke und Finne".

Lfde. Nr.	Ort u. Bezeichnung der Quelle	Datum der Untersuchung 1913	Temperatur der Luft	Temperatur des Wassers	Härte	Ergiebigkeit pro Sekunde
1	Am Waldschlößchen bei Heldrungen	19. 5. 13. 7.	9° 20,8°	8,5° 8,7°	12° 11.85°	0,3 l 0,2 l
2	1. Quelle im Tale links von Harras	19. 5. 14. 7.	9,5° 14,7°	9° 9,8°	Ueber 12° Ueber 12°	0,25 l 0,25 l
3	2. Quelle im Tale links von Harras	19. 5. 14. 7.	10,2° 15,9°	9,1° 9,8°	Ueber 12° Ueber 12°	0,33 l 0,25 l
4	1. Quellengruppe rechts von Harras	20. 5. 14. 7.	9,8° 10,2°	9,3° 9,8°	Ueber 12° Ueber 12°	0,6 l 0,5 l
5	2. Quellengruppe rechts von Harras	20. 5. 14. 7.	12,2° 21,7°	9,4° 9,8°	Ueber 12° Ueber 12°	0,5 l 0,5 l
6	Salzbrunnen im Dorfe Harras	20. 5. 14. 7.	9,8° 20,5°	9,9° 9,9°	Ueber 12° Ueber 12°	Nicht meßbar
7	Am Weinberge bei Hemleben	19. 5. 13. 7.	9,9° 20,4°	8,9° 9,6°	12° 11,69°	0,25 l 0,08 l
8	Südabhang bei Gorsleben	19. 5. 13. 7.	8,5° 18°	9,2° 9,6°	Ueber 12° Ueber 12°	0,50 l 0,2 l
9	Am Bonifatiusberg	20. 5. 13. 7.	12,8° 16,3°	9,3° 9,4°	10,32° 10,47°	1 l 0,75 l
10	Quelle des Krummbaches	20. 5. 13. 7.	9° 19,3°	7,8° 8°	6,71° 6,57°	0,25 l 0,16 l
11	Emsenborn bei Schloss Beichlingen	22. 5. 12. 7.	17,1° 20,4°	8,8° 9,4°	Ueber 12° Ueber 12°	Nicht meßbar

der Schmücke

Radioaktivität						
Normal-verlust in Volt	Gesamt-abfall in Volt	Nach Abzug des Normal-verlustes	In Mache-Einheiten	Formation	Art der Quelle	Bemerkungen
17	105	88	1,10	Muschel-	Ueberfall-	Rohrleitung nach dem Wald-schlößchen
14	107	93	1,16	kalk-Röt	quelle	
21	90	69	0,86	desgl.	desgl.	
21	83	62	0,78	desgl.	desgl.	
9	77	68	0,85	desgl.	desgl.	7 Quellöcher
9	81	72	0,90	desgl.	desgl.	4 Quellöcher
56	101	45	0,56	desgl.	Brunnen	Deutlicher Salzgeschmack
18	83	65	0,81	Muschel-kalk	Schicht-quelle	Steinfassung
16	89	73	0,91	desgl.	desgl.	desgl.
39	108	69	0,86	Hauptbunt-sandstein	desgl.	4 Quellöcher
11	67	56	0,70	Hauptbunt-sandstein	desgl.	
Steinwand mit 3 Inschriften links: Georg Graf v. Werthern u. Friedemann v. Werthern 1704 Mitte: Georg Graf v. Werthern Renoviert 1780 rechts: Hans Graf u. Freiherr v. Werthern Renoviert 1874				Muschel-kalk	Brunnen	Seit 20 Jahren nicht mehr in Benutzung.

Lfde. Nr.	Ort u. Bezeichnung der Quelle	Datum der Untersuchung 1913	Temperatur der Luft	Temperatur des Wassers	Härte	Ergiebigkeit pro Sekunde
12	In der Wüstung Tatzleben	22. 5.	16,7°	9°	9,87°	0,4 l
		12. 7.	17,8°	9,5°	9,42°	0,2 l
13	Nr. 1 beim Forsthaus Kammerforst	21. 5.	15,2°	8,6°	3,72°	0,08 l
		15. 7.	17,5°	8,7°	3,61°	0,04 l
14	Nr. 2 beim Forsthaus Kammerforst	21. 5.	15,6°	8,3°	3,72°	0,1 l
		15. 7.	16,8°	8,5°	3,72°	0,08 l
15	Im Hirschgrund	22. 5.	9,3°	7,8°	3,46°	0,5 l
		16. 7.	19,2°	7,9°	3,20°	0,35 l
16	Im Langen Tal	22. 5.	12,1°	7,5°	4,12°	0,5 l
		16. 7.	15,5°	7,8°	3,98°	0,4 l
17	Im Pfaffengrund	22. 5.	11,5°	7,8°	4,92°	0,5 l
		16. 7.	19,4°	8°	4,79°	0,25 l
18	Molchborn bei Burgwenden	22. 5.	20,3°	8,7°	Ueber 12°	1 l
		16. 7.	22,4°	9,2°	Ueber 12°	0,7 l
19	Dorfquelle in Burgwenden	22. 5.	20,3°	9,1°	Ueber 12°	1,5 l
		16. 7.	22,4°	9,3°	Ueber 12°	0,6 l

II. Die Quellen

20	Feichborn in Lundershausen	20. 5.	10°	9,1°	7,55°	8 l
		14. 7.	17,7°	9,2°	7,83°	8 l
21	Riedborn in Lundershausen	20. 5.	9,7°	9,2°	7,83°	11 l
		14. 7.	18°	9,3°	7,83°	10 l
22	Im Teufelsgrunde	20. 5.	10,2°	7,8°	2,29°	0,33 l
		14. 9.	15,9°	8°	2,16°	0,15 l

Normal-verlust in Volt	Radioaktivität: Gesamt-abfall in Volt	Radioaktivität: Nach Abzug des Normal-verlustes	Radioaktivität: In Mache-Einheiten	Formation	Art der Quelle	Bemerkungen
58	109	51	0,64	Keuzer	Schicht-quelle	
43	103	60	0,75 0,75	Hauptbunt-sandstein	Schicht-fugenquelle	
43	110	67	0,84	desgl.	desgl.	
16	69	53	0,66	desgl.	desgl.	
11	70	59	0,74	desgl.	desgl.	
19	71	52	0,65	desgl.	desgl.	
29	105	76	0,95	Muschel-kalk	Schicht-quelle	
7	69	62	0,78	desgl.	desgl.	Steinfassung

der Hohen Schrecke

18	97	79	0,99	Unterer Bunt-sandstein	Schicht-quelle	
20	106	86	1,08	desgl.	desgl.	Mit steinernen Schutzmauern überwölbt
19	86	67	0,84	Hauptbunt-sandstein	Schicht-fugenquelle	

Lfde. Nr.	Ort u. Bezeichnung der Quelle	Datum der Untersuchung 1913	Temperatur der Luft	Temperatur des Wassers	Härte	Ergiebigkeit pro Sekunde
23	Quelle des Laubbaches	21. 5.	10,1°	8,0°	4,52°	0,75 l
		15. 7.	13,6°	8,2°	4,39°	0,2 l
24	1. Quelle im Emsental	21. 5.	14,9°	8°	2,81°	0,4 l
		15. 7.	14,2°	8,2°	2,81°	0,2 l
25	2. Quelle im Emsental	21. 5.	15,3°	7,9°	3,20°	0,6 l
		15. 7.	15,1°	8°	3,07°	0,25 l
26	1. Quelle des Helderbaches	21. 5.	14,3°	7°	3,46°	0,5 l
		15. 7.	16,4°	7,4°	3,20°	0,25 l
27	2. Quelle des Helderbaches	21. 5.	14,2°	7°	4,11°	1,2 l
		15. 7.	16,9°	7,3°	4,25°	0,75 l
28	Im Wiegental	29. 5.	12,8°	7,5°	2,81°	0,2 l
		24. 7.	17,4°		Versiegt	
29	1. Quelle im Orlisloch	29. 5.	13,5°	7,3°	2,94°	0,08 l
		24. 7.	16,5°			
30	2. Quelle im Orlisloch	29. 5.	13,2°	7,4°	3,20°	0,05 l
		24. 7.	15,7°		Versiegt	

31	Im Badenteich (zur Litter)	23. 5.	10,5°	9,2°	4,52°	0,75 l
		16. 7.	22,5°	9,6°	4,79°	0,08 l
32	Nr. 1 im Schockholzgrunde	23. 5.	12,4°	7,3°	2,42°	2 l
		16. 7.	21,4°	7,8°	2,29°	0,1 l
33	Nr. 2 im Schockholzgrunde	23. 5.	13,3°	7,2°	2,55°	0,5 l
		16. 7.	20,6°	7,9°	2,29°	0,06 l

Normalverlust in Volt	Radioaktivität: Gesamtabfall in Volt	Radioaktivität: Nach Abzug des Normalverlustes	Radioaktivität: In Mache-Einheiten	Formation	Art der Quelle	Bemerkungen
17	52	35	0,44	Hauptbuntsandstein	Schichtfugenquelle	3 Quellöcher
28	67	39	0,49	desgl.	desgl.	
28	74	46	0,58	desgl.	desgl.	
41	104	63	0,79	desgl.	desgl.	
41	97	56	0,70	desgl.	desgl.	
13	62	49	0,61	desgl.	desgl.	
17	54	37	0,46	desgl.	desgl.	
	Nicht untersucht!			desgl.	desgl.	

der Finne

16	59	43	0,54	Hauptbuntsandstein	Schichtfugenquelle	
20	72	52	0,65	desgl.	desgl.	
20	73	53	0,66	desgl.	desgl.	Gefaßt

Lfde. Nr.	Ort u. Bezeichnung der Quelle	Datum der Untersuchung 1913	Temperatur der Luft	Temperatur des Wassers	Härte	Ergiebigkeit pro Sekunde
34	Lindenbrunnen in Bachra	23. 5.	16,8°	8,9°	Mehr als 12°	Nicht
		17. 7.	11,2°	9°	Mehr als 12°	meßbar
35	Klaffendes Tal bei Bachra	23. 5.	13,5°	7,4°	3,20°	2 l
		17. 7.	13,8°	7,5°	2,81°	0,38 l
36	Nr. 1 an der Strasse nach Lossa	23. 5.	12,9°	7,3°	3,33°	0,9
		17. 7.	13,7°	7,5°	4,11°	1,2 l
37	Nr. 2 an der Strasse nach Lossa	23. 5.	11,5°	7,3°	3,72°	1,2 l
		17. 7.	13,2°	7,5°	3,98°	1,5 l
38	Lossaquelle (beim Dorfe Lossa)	24. 5.	12°	7,6°	4,11°	1,7 l
		21. 7.	9,3°	7,7°	3,98°	1,3 l
39	Klingenquelle (bei Lossa)	24. 5.	12,3°	7,4°	3,98°	0,07 l
		21. 7.				
40	Angerborn (bei Lossa)	24. 5.	13,5°	8,3°	4,52°	0,75 l
		21. 7.	9,1°	8,2°	4,79°	0,75 l
41	In der Mulde (Lossaer Wald)	24. 5.	13,8°	8,1°	5,06°	2,5 l
		21. 7.	11°	8,1°	4,92°	1 l
42	Am neuen Weg (Lossaer Wald)	24. 5.	15,3°	8°	4,11°	0,16 l
		21. 7.	11°	8,2°	4,52°	0,1 l
43	Quellen des Kläffer-Baches	24. 5.	14,2°	Nicht	4,52°	0,25 l
		21. 7.	11,3°	meßbar	4,65°	0,25 l
44	In den Allerstedter Gehren	24. 5.	16,3°	7,4°	3,11°	0,16 l
		21. 7.	10,8°	7,9°	3,20°	0,08 l
45	Bei Wohlmirstedt	25. 5.	16,7°	8,5°	8,12°	1,5 l
		22. 7.	14,90°	8,5°	8,12°	1,5 l

Normal-verlust in Volt	Radioaktivität: Gesamt-abfall in Volt	Radioaktivität: Nach Abzng des Normal-verlustes	Radioaktivität: In Mache-Einheiten	Formation	Art der Quelle	Bemerkungen
27	129	102	1,27	Muschel-kalk	Brunnen	
9	50	41	0,51	Haupt-buntsand-stein	Schicht-fugen-quelle	
11	45	34	0,43	desgl.	desgl.	
11	63	52	0,65	desgl.	desgl.	Seit 15. 6. 1913 zu einer Wasser-leitung für Bachra gefaßt
38	108	70	0,87	desgl.	desgl.	
	Nicht gemessen!			desgl.	desgl.	
43	94	51	0,64	desgl.	desgl.	
56	109	53	0,66	desgl.	desgl.	
24	51	27	0,34	desgl.	desgl.	
Nicht gemessen, weil das Wasser nicht direkt am Quellenaustritt zu entnehmen war.				desgl.	desgl.	3 Quellen zur Wasserleitung Lossa
39	98	59	0,74	desgl.	desgl.	
43	116	73	0,91	Unterer Buntsand-stein	Schicht-quelle	Wasserleitung Schloß Wolmir-stedt

Lfde. Nr.	Ort u. Bezeichnung der Quelle	Datum der Untersuchung 1913	Temperatur der Luft	Temperatur des Wassers	Härte	Ergiebigkeit pro Sekunde
46	Zeisdorfer Mühlquelle	25. 5.	17,5°	8,9°	7,29°	1,2 l
		22. 7.	15,7°	9°	7,83°	1,0 l
47	Südlich von Allerstedt	26. 5.	16,4°	8,8°	7,41°	0,33 l
		22. 7.	18,5°	9°	7,27°	0,2 l
48	Oestlich von Allerstedt	26. 5.	16°	8,9°	6,99°	0,16 l
		22. 7.	19,2°	9°	6,57°	0,10 l
49	Quellengruppe in Allerstedt	26. 5.	15,8°	9,2°	7,41°	5 l
		22. 7.	17,6°	9,2°	7,27°	5 l
50	Goldborn in Allerstedt	26. 5.	15,1°	9,3°	5,87°	7 l
		22. 7.	14,9°	9,3°	5,87°	7 l
51	Herrnborn in Allerstedt	26. 5.	12,7°	9,3°	6,71°	1 l
		22. 7.	15,1°	9,4°	6,85°	1 l
52	Oelholzquelle in Allerstedt	26. 5.	10,8°	9°	6,57°	7,5 l
		22. 7.	13,3°	9,1°	6,43°	7,5 l
53	Diebeskammer bei Wiehe	27. 5.	19,2°	7,8°	4,12°	0,08 l
		23. 7.			Versiegt	
54	Langer-Grund (Wiehe)	27. 5.	19,6°	7,5°	5,2°	2 l
		23. 7.	13,5°	7,7°	5,06°	0,38 l
55	Röhrenthal Wiehe	27. 5.	19,7°	7,4°	2,42°	1,5 l
		23. 7.			Versiegt	
56	Strohtal (Wiehe)	27. 5.	21°	7,6°	2,42°	0,5 l
		23. 7.			Versiegt	
57	Leintal (Wiehe)	27. 5.	20,1°	7,8°	2,29°	1,5 l
		23. 7.			Versiegt	

Normal-verlust in Volt	Radioaktivität: Gesamt-abfall in Volt	Radioaktivität: Nach Abzug des Normal-verlustes	Radioaktivität: In Mache-Einheiten	Formation	Art der Quelle	Bemerkungen
29	92	63	0,79	Unterer Buntsand-stein	Schicht-quelle	
16	79	63	0,79	desgl.	desgl.	
	Nicht gemessen!			desgl.	desgl.	
27	86	59	0,74	desgl.	desgl.	5 Quellöcher
27	109	82	1,03	desgl.	desgl.	
17	83	66	0,82	desgl.	desgl.	
17	72	55	0,69	desgl.	desgl.	
14	73	59	0,74	Haupt-buntsand-stein	Schicht-fugen-quelle	
14	42	28	0,35	desgl.	desgl.	
33	94	59	0,74	desgl.	desgl.	
20	74	54	0,68	desgl.	desgl.	
37	104	61	0,76	desgl.	desgl.	

Lfde. Nr.	Ort u. Bezeichnung der Quelle	Datum der Untersuchung 1913	Temperatur der Luft	Temperatur des Wassers	Härte	Ergiebigkeit pro Sekunde
58	Rehtal (Wiehe)	27. 5.	19,3°	7,1°	2,42°	2,5 l
		23. 7.			Versiegt	
59	Am Palmberg (Wiehe)	27. 5.	18,5°	6,9°	4,66°	0,4 l
		23. 7.	14,6°	7,5°	5,33°	0,11 l
60	Hainborn (bei Wiehe)	28. 5.	14,3°	8,7°	6,29°	4 l
		22. 7.	10,2°	8,8°	6,01°	4 l
61	Nr. 1 in Hechendorf	28. 5.	11,8°	8,6°	8,55°	Nicht meßbar
		22. 7.	13,4°	8,9°	8,70°	
62	Nr. 2 in Hechendorf	28. 5.	12,1°	8,7°	8,55°	desgl.
		22. 7.	14°	8,9°	8,70°	
63	Molkenborn bei Langenroda	28. 5.	14,9°	7,8°	3,20	0,05 l
		25. 7.			Versiegt	
64	Im Wolfsloch bei Langenroda	28. 5.	12,8°	8,1°	2,94°	0,1 l
		25. 7.			Versiegt	
65	Dorfquelle in Bucha	7. 6.	12,5°	8,7°	8,55°	0,3 l
		1. 8.	13,3°	8,8°	8,12°	0,25 l
66	Mühlquelle in Donndorf	29. 5.	14,8°	9,2°	8,41°	10 l
		23. 7.	16,2°	9,3°	8,12°	9 l
67	1. Quelle der Schafau	1. 6.	19°	8,9°	11,07°	Am 1. 6. gesamt 2 l
		17. 7.	15,2°	9°	11,38°	
68	2. Quelle der Schafau	1. 6.	18,3°	8,6°	Über 12°	
		17. 7.	16°	8,8°	Über 12°	Am 17. 7. 0,8 l
69	3. Quelle der Schafau	1. 6.	17,4°	9°	Über 12°	
		17. 7.	15,8°	9°	Über 12°	

Radioaktivität						
Normal-verlust in Volt	Gesamt-abfall in Volt	Nach Abzug des Normal-verlustes	In Mache-Einheiten	Formation	Art der Quelle	Bemerkungen
24	73	49	0,61	Haupt-bundsand-stein	Schicht-fugen-quelle	
24	86	62	0,78	desgl.	desgl.	
16	71	55	0,69			
6	73	67	0,84	Unterer Buntsand-stein	Schicht-quelle	Wasserleitung für Wiehe
14	128	114	1,43	desgl.	desgl.	
6						Wasser für die Gutsleitung in Hechendorf
	Nicht gemessen!			Haupt-buntsand-stein	Schicht-fugen-quelle	
	Nicht gemessen!			desgl.	desgl.	
13	85	72	0,9	Unterer Buntsand-stein	Schicht-quelle	Gefaßt
10	82	72	0,90	desgl.	desgl.	Dicht nebeneinander 2 Quellen
11	97	86	1,08	Muschel-kalk	desgl. desgl.	
11	89	78	0,98	desgl.	desgl.	
	Nicht gemessen!			desgl.	desgl.	

Lfde. Nr.	Ort u. Bezeichnung der Quelle	Datum der Untersuchung 1913	Temperatur der Luft	Temperatur des Wassers	Härte	Ergiebigkeit pro Sekunde
70	Orliswiesen	2. 6.	18,5°	8,7°	11,01°	1 l
	bei Schafau	17. 7.	16°	8,9°	11,22°	0,33 l
71	1. Kläfferquelle	2. 6.	14,9°	8,5°	6,71°	1,6 l
		18. 7.	16,7°	8,5°	6,85°	1,6 l
72	2. Kläfferquelle	2. 6.	14,1°	9°	8,41°	0,8 l
		18. 7.	17,2°	9,1°	8,41°	0,8 l
73	Guter Brunnen	3. 6.	15,3°	7,8°	10,32°	0,25 l
		18. 7.	13,2°	7,9°	10,17°	0,15 l
74	Molken-Born	3. 6.	16,5°	8°	9,13°	0,1 l
		18. 7.	15,1°	8°	8,84°	0,44 l
75	Quelle des	3. 6.	18,2°	8,1°	8,55°	1,5 l
	Harschbaches	18. 7.	20,3°	8,2°	8,41°	0,6 l
76	Bachquelle bei	3. 6.	19,7°	8,8°	9,87°	0,5 l
	Tauchart	19. 7.	14,4°	9°	9,43°	0,3 l
77	Quelle des	3. 6.	15,3°	7,8°	7,55°	1 l
	Eßbaches	19. 17.	16,7°	8°	7,13°	0,2 l
78	Quelle bei	31. 5.	14,2°	8,7°	9,87°	0,4 l
	Marienthal	28. 7.	13,8°	8°	9,72°	0,16 l
79	Quelle der	5. 6.	10,6°	8,5°	7,83°	0,75 l
	Hassel	28. 7.	14,3°	8,8°	8,12°	0,5 l
80	Bachquelle in	31. 5.	17,8°	9,6°	11,69°	0,5 l
	Eckartsberga	28. 7.	16°	9,6°	12°	0,25 l
81	Keglersche Quelle	31. 5.	17,2°	9,8°	Über 12°	0,4 l
	in Eckartsberga	28. 7.	16 3°	9,8°	desgl.	0,25 l

Radioaktivität						
Normalverlust in Volt	Gesamtabfall in Volt	Nach Abzug des Normalverlustes	In Mache-Einheiten	Formation	Art der Quelle	Bemerkungen
10	99	89	1,11	Muschelkalk	Schichtquelle	
20	125	105	1,31	Hauptbuntsandstein	desgl.	Gefaßt zu einer Wasserleitung für Stadt Rastenberg
20	164	144	1,80	desgl.	desgl.	
27	60	33	0,41	desgl.	Schichtfugenquelle	
Nicht gemessen				desgl.	desgl.	
26	84	58	0,73	desgl.	desgl.	
21	68	47	0,59	desgl.	desgl.	
16	61	45	0,56	desgl.	desgl.	
19	64	43	0,54	desgl.	desgl.	
Nicht gemessen, weil das Wasser nicht direkt am Quellaustritt entnommen werden kann				desgl.	desgl.	
32	137	105	1,31	Muschelkalk	Schichtquelle	
17	45	28	0,35	desgl.	desgl.	Wasser entnommen am Ende einer mehr als 20 m langen Rohrleitung

Lfde. Nr.	Ort u. Bezeichnung der Quelle	Datum der Untersuchung 1913	Temperatur der Luft	Temperatur des Wassers	Härte	Ergiebigkeit pro Sekunde
82	Rosenbrunnen	31. 5.	16,5°	9,6°	Über 12°	0,16 l
	in Eckartsberga	28. 7.	15,4°	9,6°	desgl.	0,10 l
83	Heilandsquelle	22. 3.	10,5°	9°	10,77°	1,1 l
	in Bibra	6. 7.	12,7°	9°	10,17°	1,1 l
84	Schwesterquelle	22. 3.	11,4°	7,8°	7,41°	0,08 l
	in Bibra	6. 7.	12,1°	7,9°	6,57°	0,07 l
85	Gesundbrunnen	23. 3.	13,4°	10°	10,17°	0,57 l
	in Bibra	1. 7.	13,8°	10°	10,32°	0,57 l
86	Brauhausbrunnen	24. 3.	5,7°	8,9°	10,62°	0,25 l
	in Bibra	5. 7.	14,9°	9,2°	10,77°	0,29 l
87	Göhlesches Gehöft	25. 3.	10,6°	8,7°	11,38°	ca. 0,2 l
	in Bibra	5. 7.	14,7°	8,9°	11,38°	ca. 0,2 l
88	Beils-Born	27. 3.	11,1°	8,6°	10,72°	0,33 l
	in Bibra	8. 7.	14,5°	8,6°	11,38°	0,33 l
89	Nr. 1 Hennicksches	28. 3.	11,7°	9,2°	9,72°	0,65 l
	Gehöft	1. 8.	20,5°	9,2°	9,57°	0,53 l
90	Nr. 2 Hennicksches	28. 3.	11,3°	9,1°	11,07°	0,1 l
	Gehöft	1. 8.	20,4°	9,2°	9,28°	0,055 l
91	Ziegelei	28. 3.	10,2°	8,9°	10,77°	1 l
	oberhalb Bibra	6. 7.	14,6°	9,1°	9,72°	0,8 l
92	An der Kneiselmühle	28. 3.	15,6°	9,6°	9,57°	0,4 l
	bei Bibra	6. 7.	13,8°	9,7°	9,28°	0,3 l
93	Milkerscher Stall	28. 3.	14,8°	8°	8,41°	0,1 l
	(Schnecktal)	6. 7.	12,4°	8,1°	6,85°	0,083 l

Normal-verlust in Volt	Radioaktivität: Gesamt-abfall in Volt	Radioaktivität: Nach Abzug des Normal-verlustes	Radioaktivität: In Mache-Einheiten	Formation	Art der Quelle	Bemerkungen
17	40	25	0,32	Muschelkalk	Schichtquelle	Wasser entnommen am Ende einer mehr als 20 m langen Rohrleitung.
37	124	77	0,96	Hauptbuntsandstein	desgl.	Gefaßt
14	87	73	0,91			
22	89	67	0,84	desgl.	desgl.	desgl.
21	90	69	0,87			
5	111	106	1,33	desgl.	Schichtfugenquelle	desgl.
11	110	99	1,24			
14	481	467	5,84	desgl.	Schichtquelle	
49	506	457	5,72			
39	477	438	5,48	desgl.	desgl.	
31	460	429	5,37			
23	132	109	1,36	desgl.	desgl.	
11	113	102	1,27			
13	87	74	0,93	desgl.	desgl.	desgl.
13	96	83	1,04	desgl.	desgl.	desgl.
11	86	75	0,94	desgl.	desgl.	
20	123	103	1,29	desgl.	desgl.	desgl.
16	114	98	1,23	desgl.	desgl.	

Lfde. Nr.	Ort u. Bezeichnung der Quelle	Datum der Untersuchung 1913	Temperatur der Luft	Temperatur des Wassers	Härte	Ergiebigkeit pro Sekunde
94	Fischteichquelle bei Bibra	27. 3.	5,1°	8,2°	10,77°	0,5 l
		6. 7.	16,3°	8,6°	10,77°	0,5 l
95	Am Wege nach Thalwinkel	27. 3.	3,5°	8,7°	10,47°	1 l
		7. 7.	17,2°	9,1°	8,12°	0,7 l
96	Leithold'sche Mühle	26. 3.	11,6°	12,3°	9,28°	3,3 l
		7. 7.	15,6°	12,3°	9,28°	3,3 l
97	Moritz'sche Mühle (Nr. 1)	26. 3.	9,3°	8,2°	8,41°	Nicht
		7. 7.	16,1°	8,3°	8,27°	meßbar
98	Oberhalb Thalwinkel	26. 3.	12,3°	8,9°	9,43°	0,71 l
		5. 7.	15,2°	9°	9,57°	0,71 l
99	Moritz'sche Mühle (Nr. 2)	5. 7.	15,6°	9°	8,99°	0,5 l
100	Spring bei Saubach	25. 3.	4,2°	7,9°	8,56°	1,5 l
		8. 7.	17,1°	8°	8,41°	1,5 l
101	Kahlholz bei Saubach	25. 3.	7,2°	8,1°	7,83°	0,2 l
		8. 7.	18,2°	8,3°	8,12°	0,2 l
102	Schloßteich in Steinburg	14. 5.	16,3°	7,9°	8,83°	2,4 l
		12. 7.	13,6°	7,9°	9,28°	2 l
103	Kirchholz in Steinburg	14. 5.	16,8°	8°	8,41°	0,9 l
		12. 7.	15,8°	8,3°	8,41°	0,8 l
104	Schloßgärtnerei Steinburg	14. 5.	16,9°	8,6°	8,99°	1 l
		12. 7.	15,8°	9,5°	8,84°	0,75 l
105	Tannengarten in Steinburg	14. 5.	17,2°	7,8°	8,27°	0,2 l
		12. 7.	16,9°	7,8°	8,70°	0,2 l

Radioaktivität						
Normal-verlust in Volt	Gesamt-abfall in Volt	Nach Abzug des Normal-verlustes	In Mache-Ein-heiten	For-mation	Art der Quelle	Bemerkungen
18	178	160	2,00	Haupt-buntsand-stein	Schicht-quelle	
19	175	156	1,95	desgl.	desgl.	
23	71	48	0,60	desgl.	Bohrloch	
59	441	382	4,78	Haupt-	Schicht-	Zu Schöpf-
15	400	385	4,82	Buntsand-stein	quelle	brunnen gefaßt
29	731	702	8,79	desgl.	desgl.	Wasserleitung
26	714	688	8,61			für Thalwinkel
12	62	50	0,62	desgl.	desgl.	Wasserleitung für Golzen
16	152	136	1,70	desgl.	desgl.	
13	98	85	1,06	desgl.	Schicht-fugen-quelle	
18	102	84	1,05	desgl.	desgl.	
21	67	46	0,58	desgl.	desgl.	
Nicht gemessen!				desgl.	desgl.	
21	90	69	0,86	desgl.	desgl.	

Lfde. Nr.	Ort u. Bezeichnung der Quelle	Datum der Untersuchung 1913	Temperatur der Luft	Temperatur des Wassers	Härte	Ergiebigkeit pro Sekunde
106	Mühlteichquelle	14. 5.	19,5°	8,3°	9,28°	1,5 l
	Nr. 1 (Steinburg)	12. 7.	15,2°	8,4°	9,28°	1,4 l
107	An der	14. 5.	15,8°	8,2°	8,27°	0,3 l
	Ottenmühle	12. 7.	13°	8,2°	8,12°	0,3 l
108	Mühlteichquelle	14. 5.	16°	8,5°	8,55°	0,125 l
	Nr. 2 (Steinburg)	12. 7.	15,7°	8,5°	8,41°	0,125 l
109	Quelle I	14. 5.	17°	7,9°	8,12°	0,11 l
	des Steinbaches	12. 7.	15,3°	8°	8,70°	0,10 l
110	Quelle II	14. 5.	16,8°	7,9°	8,41°	0,5 l
	des Steinbaches	12. 7.	15,3°	7,9°	8,70°	0,4 l
111	Quelle III	14. 5.	16,1°	8,1°	9,72°	0,5 l
	des Steinbaches	12. 7.	15,0°	8,1°	9,72°	0,5 l
112	Dorfquelle	15. 5.	17,6°	9,1°	Mehr als 12°	Versorgt d.
	in Schimmel	29. 7.	14°	9,4°	Mehr als 12°	Dorf mit Wasser
113	Oberhalb	15. 5.	17,8°	8,2°	10,17°	0,1 l
	Braunsroda	29. 7.	14,5°	8,3°	10,17 °	0,1 l
114	Hellwigstal	25. 3.	8,3°	8,1°	8,26°	0,2 l
	bei Saubach	8. 7.	18,8°	8,2°	7,83°	0,2 l
115	Glockenbrunnen	13. 5.	12 3°	8,5°	4,12°	0,25 l
	bei Wippach	28. 7.	19°	8,5°	3,20°	0,2 l
116	Bohrloch	13. 5.	15,8°	10,2°	10,17°	Versorgt d.
	bei Altenroda	28. 7.	21,5°	10,2°	10,47°	ganze Dorf mit Wasser
117	Kinderborn	29. 5.	19,6°	9,2°	12°	ca. 0,12 l
	bei Birkicht	28. 7.	23,4°	9,2°	12°	0,1 l

Normal-verlust in Volt	Radioaktivität: Gesamt-abfall in Volt	Radioaktivität: Nach Abzug des Normal-verlustes	Radioaktivität: In Mache-Einheiten	Formation	Art der Quelle	Bemerkungen
20	108	88	1,10	Haupt-buntsand-stein	Schicht-fugen-quelle	
28	62	34	0,43	desgl.	Kluft-quelle	
39	113	74	0,93	desgl.	Schicht-fugen-quelle	
47	102	55	0,67	desgl.	desgl.	
54	132	78	0,98	desgl.	desgl.	
23	85	62	0,78	desgl.	desgl.	
27	132	105	1,31	desgl.	Schicht-quelle	
	Nicht meßbar!					
63	145	82	1,03	desgl.	Schicht-fugen-quelle	
15	99	84	1,05	desgl.	desgl.	Gefaßt
22	69	47	0,59	desgl.	desgl.	desgl.
76	145	69	0,86		Bohrloch	Wasserleitung Altenroda
19	79	60	0,75	Muschel-kalk	Schicht-quelle	Wasserleitung Birkicht

Lfde. Nr.	Ort u. Bezeichnung der Quelle	Datum der Untersuchung 1913	Temperatur der Luft	Temperatur des Wassers	Härte	Ergiebigkeit pro Sekunde
118	Nr. 1 Bornthal bei Crahwinkel	26. 3.	7,6	8,5°	Ueber 12°	ca. 0,5 l
		9. 7.	12,7°	8,6°	Ueber 12°	ca. 0,5 l
119	Nr. 2 im Bornthal	26. 3.	9,2°	8,5°	Ueber 12°	ca. 0,3 l
		9. 7.	15,6°	8,5°	Ueber 12°	ca. 0,3 l
120	Nr. 1 unterhalb Plößnitz	26. 3.	9,9°	9,0°	Ueber 12°	0,05 l
		9. 7.	14,9°	9,0°	Ueber 12°	0,03 l
121	Nr. 2 unterhalb Plößnitz	26. 3.	10,5°	8,8°	Ueber 12°	0,1 l
		9. 7.	14,2°	8,9°	Ueber 12°	0,05 l
122	Im Querfurter Holz (Borgau)	15. 5.	18,7°	8,3°	10,32°	0,75 l
		10. 7.	14,7°	8,4°	10,47°	0,5 l
123	Oberhalb Borgau	15. 5.	17,9°	8,5°	8,99°	0,5 l
		10. 7.	13,8°	8,5°	8,14°	0,4 l
124	Holzborn bei Borgau	15. 5.	15,2°	8,4°	6,85°	3,3 l
		10. 7.	15,6°	8,5°	6,99°	3,3 l
125	Unterhalb Wallroda	17. 5.	17,1°	8°	8,12°	3 l
		10. 7.	12,5°	8°	7,97°	3 l
126	Bei der Buchmühle	17. 5.	16,1°	8,2°	6,71°	0,4 l
		10. 7.	14,2°	8,4°	6,71°	0,25 l
127	Osterborn (Tal des Steinbaches)	15. 5.	14,7°	8,9°	9,57°	0,2 l
		10. 7.	14,2°	9°	9,87°	0,2 l
128	Links von der Kapellenmühle	15. 5.	12,5°	8,8°	10,47°	0,05 l
		10. 7.	18,3°	9,1°	10,32°	0,07 l
129	Pomnitzsches Gehöft (Steinbach)	7. 6.	15,4°	9°	11,69°	0,05 l
		2. 8.	17,3°	9,1°	11,69°	0,04 l

Radioaktivität						
Normal-verlust in Volt	Gesamt-abfall in Volt	Nach Abzug des Normal-verlustes	In Mache-Ein-heiten	For-mation	Art der Quelle	Bemerkungen
11	89	78	0,98	Muschel-kalk	Schicht-quelle	Wasserleitung für Crahwinkel
21	93	72	0,90	desgl.	desgl.	Dasselbe für Plöß-nitz—Hirschroda
	Nicht gemessen			desgl.	desgl.	
	desgl.			desgl.	desgl.	
15	87	72	0,90	Hauptbunt-sandstein	Schicht-fugenquelle	
	Nicht gemessen			desgl.	desgl.	
19	114	95	1,19	desgl.	desgl.	Wasserleitung Borgau—Wisch-roda
18	83	65	0,81	desgl.	desgl.	Wasserleitung Wallroda
29	92	63	0,79	desgl.	Schicht-quelle	
32	115	84	1,05	desgl.	desgl.	
	Nicht gemessen			desgl.	desgl.	
Nicht gemessen, weil nur am Ende einer längeren Holzleitung Wasser entnommen werden kann				desgl.	desgl.	Gefaßt

Lfde. Nr.	Ort u. Bezeichnung der Quelle	Datum der Untersuchung 1913	Temperatur der Luft	Temperatur des Wassers	Härte	Ergiebigkeit pro Sekunde
130	Am Holzberge	7. 6.	12,5°	8,8°	8,99°	0,3 l
	bei Steinbach	2. 8.	18,6°	8,9°	8,84°	0,2 l
131	Am Eisbach	16. 5.	20,6°	7,9°	7,83°	0,5 l
	bei Lossa	21. 7.		versiegt		
132	Höllental	1. 6.	14,8°	9,5°	Ueber 12	0,06 l
	bei Lengefeld	4. 8.				
133	Am Dorfe Gößnitz	5. 6.	15,6°	9°	Ueber 12	0,5 l
		26. 7.	19,2°	9,1°	„	0,4 l
134	Waldrand	5. 6.	15,4°	8,5°	„	0,33 l
	bei Gößnitz	26. 7.	17,9°	8,6°	„	0,33 l
135	Wiesen unterhalb	5. 6.	20,1°	8,9°	„	0,25 l
	Gößnitz	26. 7.	21,4°	8,9°	„	0,25 l
136	Lindenloch	5. 6.	20,7°	8,8°	„	0,3 l
	bei Gößnitz	26. 7.	19,3°	8,9°	„	0,25 l
137	Dorstweiden	5. 6.	17,5°	9,2°	11,38°	0,2 l
	bei Gernstedt	29. 7.		versiegt		
138	Quelle des Lißbaches	5. 6.	16,7°	9,3°	Ueber 12	0,3 l
		28. 7.	14,5°	9,6°	„	0,1 l
139	Ruhebänke	5. 6.	15,9°	9,0°	Mehr als 12	0,2 l
	bei Gernstedt	29. 7.	13,8°	9,5°	„	0,05 l
140	Bornberg	6. 6.	10,4°	9°	8,41°	0,25 l
	bei Rehehausen	30. 7.	9,2°	9°	6,43°	0,06 l
141	Oberhalb	6. 6.	12,6°	8,6°	Mehr als 12	1 l
	Rehehausen	30. 7.	10,5°	9,0°	„	0,9 l

Radioaktivität						
Normal-verlust in Volt	Gesamt-abfall in Volt	Nach Abzug des Normal-verlustes	In Mache-Einheiten	Formation	Art der Quelle	Bemerkungen
6	77	71	0,89	Hauptbunt-sandstein	Schicht-quelle	
23	95	72	0,90	desgl.	Schichtfugenquelle	
	nicht gemessen.			Muschel-kalk	Schicht-quelle	
16	99	83	1,04	desgl.	desgl.	
21	97	76	0,95	Muschel-kalk (Röt)	desgl.	
	Nicht gemessen!			Muschel-kalk	desgl.	
33	112	79	0,99	desgl.	desgl.	
19	88	69	0,86	desgl.	desgl.	
	Nicht gemessen!			desgl.	desgl.	
	Nicht gemessen!			desgl.	desgl.	
6	51	45	0,56	desgl.	desgl.	Zu einer Wasserleitung für das Dorf Rehehausen vereinigt
14	80	66	0,83			
6	79	73	0,91			

Lfde. Nr.	Ort u. Bezeichnung der Quelle	Datum der Untersuchung 1913	Temperatur der Luft	Temperatur des Wassers	Härte	Ergiebigkeit pro Sekunde
142	Lötherscher Acker	6. 6.	11,7°	9,3°	12°	0,8 l
		30. 7.	13,2°	9,4°	11,22°	0,5 l
143	Wasserleitung	6. 6.	11,3°	9,3°	11,84°	2 l
	für Bad Sulza	30. 7.	13,5°	9,3°	11,69°	2 l
144	Müllersches	6. 6.	12,3°	9,4°	12°	1 l
	Grundstück	30. 7.	14,1°	9,4°	12°	0,8 l
145	Nr. 1 rechts im	6. 6.	11,3°	9,5°	11,47°	0,1 l
	Lanitzthal	30. 7.	15,2°	9,8°	10,17°	0,05 l
146	Nr. 2 rechts im	6. 6.	10,6°	9,1°	9,42°	0,8 l
	Lanitzthal	30. 7.	16,3°	9,2°	9,57°	0,6 l
147	Nr. 3 rechts im	6. 6.	10,1°	9,3°	9,42°	1,0 l
	Lanitzthal	30. 7.	18,5°	9,6°	9,28°	0,75 l

Normal-verlust in Volt	Radioaktivität: Gesamt-abfall in Volt	Radioaktivität: Nach Abzug des Normal-verlustes	Radioaktivität: In Mache-Einheiten	Formation	Art der Quelle	Bemerkungen
13	62	49	0,61	Muschelkalk	Schichtquelle	Gefaßt
13	67	54	0,68	desgl.	desgl.	
15	83	68	0,85	desgl.	desgl.	
	Nicht gemessen!			desgl.	desgl.	
17	75	58	0,73	desgl.	desgl.	
28	91	63	0,79	desgl.	desgl.	

Tabelle 2.

Messungen an der Schwesternquelle in Bad-Bibra.

(Juli 1913, jeden Tag abends 7 Uhr.)

Datum	Temperatur der Luft	Temperatur des Wassers	Härte	Ergiebigkeit pro Sekunde	Luftdruck
Juli					
6.	12,1°	8°	6,71	1/14 l	742,3 mm
7.	12,8°	8°	6,57	1/14 "	743,5 "
8.	11,7°	8,1°	6,43	4/57 "	746,6 "
9.	11,5°	8,1°	6,43	2/29 "	747,2 "
10.	12,2°	8°	6,29	4/59 "	744 "
11.	14,8°	8°	6,29	4/59 "	744,5 "
12.	14,4°	8,1°	6,29	4/59 "	746,8 "
13.	13,9°	8°	6,29	1/15 "	746,2 "
14.	15,5°	8°	6,21	4/63 "	743,6 "
15.	12,7°	8,1°	6,29	4/63 "	742,3 "
16.	10,8°	8°	6,21	1/16 "	743 "
17.	11,4°	8°	6,21	1/16 "	747,8 "
18.	11,6°	8°	6,21	1/16 "	747,2 "
19.	11,5°	8,1°	6,21	1/16 "	745,5 "
20.	11,4°	8°	6,29	4/63 "	746,6 "
21.	12,7°	8,1°	6,21	1/16 "	743,8 "
22.	13,8°	8,1°	6,21	1/16 "	745,5 "
23.	12,2°	8°	6,21	1/16 "	746,8 "
24.	12°	8°	6,29	4/63 "	747,2 "
25.	10,9°	8°	6,21	1/16 "	746,6 "
26.	11,7°	8°	6,29	4/63 "	747,2 "
27.	11,2°	8,1°	6,21	1/16 "	745,8 "
28.	12,1°	8°	6,21	4/63 "	745,5 "
29.	10,1°	8°	6,15	4/65 "	746,2 "
30.	11,4°	8°	6,09	4/65 "	746,6 "
31.	13,2°	8°	6,09	2/33 "	747 "
August					
1.	11,2°	8°	6,09	2/33 "	747 "
2.	9,8°	8°	6,09	2/33 "	749,8 "
3.	10,3°	8°	6,21	2/33 "	745 "
4.	10,5°	8°	6,09	2/33 "	749,2 "
5.	11°	8°	6,09	1/17 "	746,8 "
6.	10,1°	8°	6,21	2/35 "	745,5 "
7.	10,5°	8°	6,57	2/35 "	747,6 "
8.	9,7°	8°	6,57	4/71 "	749,4 "
9.	10,2°	8°	6.63	1/18 "	750,4 "
10.	9,5°	8°	6,63	1/18 "	750,8 "

Tabelle 3.

Ergiebigkeitsmessungen an folgenden Quellen in Bibra.

Datum	Heilands-brunnen (l pro Minute)	Gesund-brunnen (l pro Minute)	Brauhaus-brunnen (l pro Minute)	Schwes-tern-quelle (l pro Minute)	Nieder-schläge in Dekaden mm	Monats-summen mm
1911						
1. 10.	66,7	37,5	14	3,3	6,1	
8. 10.	66,7	37,5	14	3,3	2,3	
17. 10.	66,7	37,5	14,3	3,2	8,4	
24. 10.	66,7	37,5	14,3	3,2		16,8
2. 11.	66,7	37,5	14,3	3,1	0,3	
9. 11.	66,7	37,5	14,3	3,1	2,5	
16. 11.	66,7	37,5	14,3	3,1	14	
25. 11.	66,7	37,5	14,6	3,0		16,8
3. 12.	66,7	37,5	14,6	2,6	2,9	
11. 12.	66,7	37,5	14,6	2,6	4,8	
21. 12.	66,7	37,5	14,6	1,9	46,5	
29. 12.	66,7	37,5	14,6	1,5		54,2
1912						
5. 1.	66,7	37,5	14,6	1,7	45,2	
12. 1.	66,7	37,5	14,6	2,4	0,0	
9. 1.	66,7	37,5	14,6	2,6	0,5	
28. 1.	66,7	37,5	14,6	2,6		45,7
4. 2.	66,7	37,5	14,6	3,0	5,4	
10. 2.	66,7	37,5	14,6	3,2	6,7	
18. 2.	66,7	37,5	14,6	3,5	6,3	
26. 2.	66,7	37,5	14,6	3,8		18,4

Datum	Heilandsbrunnen (1 pro Minute)	Gesundbrunnen (1 pro Minute)	Brauhausbrunnen (1 pro Minute)	Schwesternquelle (1 pro Minute)	Niederschläge in Dekaden mm	Monatssummen mm
5. 3.	66,7	37,5	14,6	3,8	3,6	
11. 3.	66,7	37,5	14,6	4	0,3	
20. 3.	66,7	37,5	14,6	4,2	12,3	
27. 3.	66,7	37,5	14,6	4,5		16,2
4. 4.	66,7	37,5	14,6	4,8	9,4	
9. 4.	66,7	37,5	14,6	4,9	2,0	
15. 4.	66,7	37,5	14,6	5	0,0	
27. 4.	66,7	37,5	16,2	4,9		11,4
4. 5.	66,7	37,5	16,2	4,7	29,6	
11. 5.	66,7	37,5	19,3	4,7	14,1	
18. 5.	66,7	37,5	19,3	4,7	12,5	
26. 5.	66,7	37,5	19,3	4,5		56,2
3. 6.	66,7	37,5	19,3	4,3	18,5	
12. 6.	66,7	37,5	19,3	4,3	23,9	
19. 6.	66,7	37,5	19,3	4,1	13,2	
27. 6.	66,7	37,5	19,3	4,0		55,6
2. 7.	66,7	37,5	19,3	3,8	16,9	
9. 7.	66,7	37,5	19,3	3,8	8,8	
16. 7.	66,7	37,5	19,3	3,6	15,8	
24. 7.	66,7	37,5	19,3	3,5		41,5
3. 8.	66,7	37,5	18,7	3,5	27,4	
10. 8.	66,7	37,5	17,6	3,4	4,4	
18. 8.	66,7	37,5	18,2	3,4	3,1	
30. 8.	66,7	37,5	18,2	3,6		62,8
9. 9.	66,7	37,5	18,2	3,5	9,1	
18. 9.	66,7	37,5	18,2	3,5	18,3	
26. 9.	66,7	37,5	18,2	3,5	5,6	
						33,0
3. 10.	66,7	37,5	17,6	3,5	0,0	
11. 10.	66,7	35,4	17,6	3,5	11,1	
17. 10.	66,7	33,3	17,6	3,6	13,6	
26. 10.	66,7	33,3	17,6	3,7		24,7

Datum	Heilands-brunnen (1 pro Minute)	Gesund-brunnen (1 pro Minute)	Brauhaus-brunnen (1 pro Minute)	Schwes-tern-quelle (1 pro Minute)	Nieder-schläge in Dekaden mm	Monats-summen mm
4. 11.	66,7	33,3	16,7	3,8	33,1	
12. 11.	66,7	33,3	16,7	3,8	13,4	
21. 11.	66,7	33,3	17,1	4,0	10,7	
28. 11.	66,7	33,3	17,1	4,2		57,2
7. 12.	66,7	33,3	16,7	4,2	2,9	
11. 12.	66,7	33,3	16,7	4,2	28,3	
18. 12.	66,7	33,3	16,7	4,2	0,1	
24. 12.	66,7	33,3	16,7	4,2		31,3
1913						
7. 1.	66,7	33,3	17,1	4,4	0,0	
14. 1.	66,7	33,3	17,1	4,4	2,5	
20. 1.	66,7	33,3	17,1	4,4	22,1	
27. 1.	66,7	33,3	17,1	4,4		24,5
5. 2.	66,7	33,3	17,1	4,5	14,0	
11. 2.	66,7	33,3	17,1	4,5	1,7	
18. 2.	66,7	33,3	17,1	4,6	0,0	
26. 2.	66,7	31,6	17,1	4,6		15,7
3. 3.	66,7	31,6	17,1	4,5	10,7	
13. 3.	66,7	31,6	17,1	4,6	12,7	
17. 3.	66,7	31,6	17,1	4,9	5,4	
28. 3.	66,7	31,6	17,1	4,9		28,8
5. 4.	66,7	31,6	16,7	4,9	3,1	
11. 4.	66,7	31,6	16,7	5,4	9,7	
18. 4.	66,7	31,6	16,7	5,5	1,4	
29. 4.	66,7	31,6	16,7	5,2		14,2
2. 5.	66,7	31,6	16,7	5,1	0,9	
10. 5.	66,7	31,6	16,7	7,1	6,9	
19. 5.	66,7	31,6	16,7	6,4	1,7	
30. 5.	66,7	31,6	16,7	6		9,5
4. 6.	66,7	31,6	17,1	4,5	18,7	
14. 6.	66,7	31,6	17,1	4,4	16,5	
22. 6.	66,7	31,6	17,1	4,4	4,2	
30. 6.	66,7	31,6	17,1	4,3		39,4

Datum	Heilands-brunnen (1 pro Minute)	Gesund-brunnen (1 pro Minute)	Brauhaus-brunnen (1 pro Minute)	Schwestern-quelle (1 pro Minute)	Niederschläge in Dekaden mm	Monats-summen mm
13. 7.	66,7	31,6	16,7	3,9	14,9	
16. 7.	66,7	31,6	16,7	3,9	19,0	
26. 7.	66,7	31,6	16,7	3,8	4,6	
30. 7.	66,7	31,6	16,7	3,7		38,5
4. 8.	66,7	31,6	16,7	3,5	25,6	
12. 8.	66,7	31,6	16,7	3,4	0,7	
24. 8.	66,7	31,6	16,7	3,4	30,8	
28. 8.	66,7	31,6	16,7	3,3		57,1
6. 9.	66,7	31,6	16,7	3,3	9,7	
12. 9.	66,7	31,6	16,7	3,3	30,3	
17. 9.	66,7	31,6	16,7	3,3	4,7	
26. 9.	66,7	31,6	16,7	3,2		44,7
5. 10.	66,7	31.6	16,7	3,3		
12. 10.	66,7	31,6	16,7	3,4		

Inhalt.

	Einleitung	5— 9
1.	Die Geologie des Untersuchungsgebietes und Folgerungen daraus für die Quellbildung	10— 33
2.	Die chemischen Eigenschaften des Quellwassers, besonders die Härte	33— 50
3.	Die Radioaktivität des Quellwassers	51— 71
4.	Die Temperatur des Quellwassers	71— 82
5.	Die Ergiebigkeit der Quellen	82— 96
6.	Quellbereiche	97—112
7.	Tabellen	113—146

Lebenslauf.

Ferdinand Otto Seidel, evangelischer Konfession, geboren den 16. April 1875 zu Lercha bei Meißen im Königreich Sachsen.

Als ich ein Jahr alt war, verzogen meine Eltern, der Gärtnereibesitzer Hermann Seidel und seine Ehefrau Emma geb. Posher nach Schafstädt (Bez. Halle a. S.). Dort besuchte ich vom sechsten bis zum vierzehnten Lebensjahre die Volksschule. In den Jahren 1889 bis 1895 war ich Zögling der Präparandenanstalt und des Lehrerseminars in Weißenfels a. S. Nach bestandener Entlassungsprüfung fand ich als Volksschullehrer im Regierungsbezirk Merseburg Anstellung. Im Oktober 1898 unterzog ich mich mit Erfolg der Mittelschullehrerprüfung und im November 1901 der Prüfung für Rektoren.

Seit dem 1. Oktober 1909 bin ich als Rektor einer Gemeindeschule in Neukölln tätig.

Nachdem ich im Februar 1911 die Reifeprüfung an der Kgl. Berger-Oberrealschule in Posen bestanden hatte, besuchte ich bis zum Schluß des Wintersemesters 1914 Vorlesungen an der Universität Berlin. Mein Studium erstreckte sich namentlich auf Geologie, Paläontologie, Physik, Meteorologie, Geographie und Philosophie.

Meine akademischen Lehrer waren die Professoren: Branca, Blasius, Dessoir, Erdmann, Hellmann, Jäger, Seß, Peuck, Rubens, Schwarz, Stremme und Wehnelt.

Auch nahm ich an den Vorlesungen und Uebungen von Dr. Rühl, Dr. Groll und Dr. Rupp teil.

Ihnen allen, besonders aber Herrn Geheimrat Branca, bin ich zu großem Dank verpflichtet.